

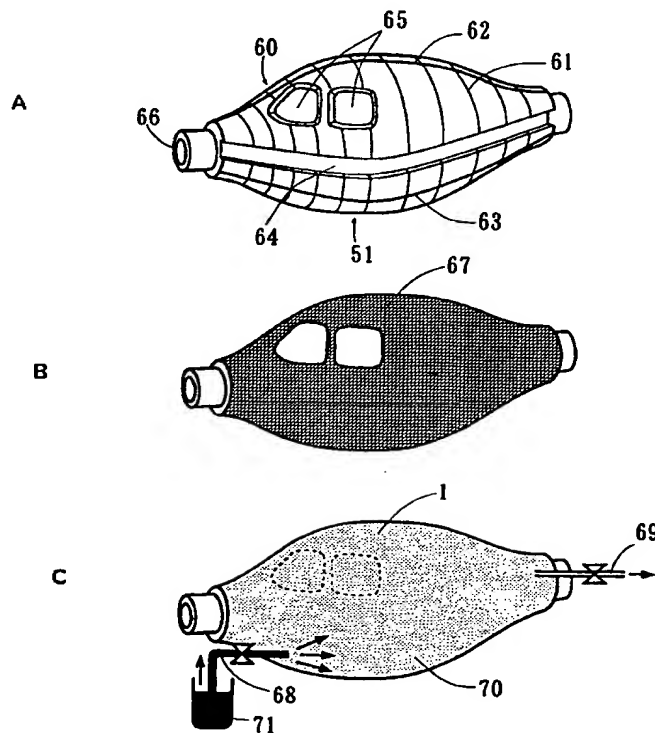
(51) 国際特許分類7 B29C 70/30	A1	(11) 国際公開番号 WO00/18566 (43) 国際公開日 2000年4月6日(06.04.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/05395 (22) 国際出願日 1999年9月30日(30.09.99) (30) 優先権データ 特願平10/277641 ✓ 1998年9月30日(30.09.98) JP 特願平10/278408 ✓ 1998年9月30日(30.09.98) JP 特願平11/62872 ✓ 1999年3月10日(10.03.99) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 東レ株式会社(TORAY INDUSTRIES, INC.)(JP/JP) 〒103-8666 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 関戸俊英(SEKIDO, Toshihide)(JP/JP) 〒520-0046 滋賀県大津市長等2丁目8-40-704 Shiga, (JP) 北野彰彦(KITANO, Akihiko)(JP/JP) 〒791-0121 愛媛県松山市湯の山3-3-2 Ehime, (JP) 吉岡健一(YOSHIOKA, Kenichi)(JP/JP) 〒791-0121 愛媛県松山市湯の山3-8-9 Ehime, (JP)		(81) 指定国 AU, CA, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) 添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title: HOLLOW STRUCTURE OF FIBER-REINFORCED RESIN AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称 中空断面を有する繊維強化樹脂構造体およびその製造方法

(57) Abstract

A hollow structure of a fiber-reinforced resin having: (A) at least one opening, and a structure body having in an inner portion thereof a hollow portion a maximum width of which is larger than that of the opening, (B) the structure body being formed out of a fiber-reinforced resin obtained by impregnating reinforced fibers with a synthetic resin, (C) the structure body having a shape of a non-rotating body, in which an inner maximum width F of the hollow portion is not smaller than 0.5 m, a ratio F/f of the inner maximum width F of the hollow portion to a maximum width f of the opening being within a range of 1.1-500, characterized in that: (D) the structure body is formed into an integral body with substantially no joint portion throughout, this structure being used for a transportation machine, such as an aircraft and an automobile, and a container.



(57)要約

(A) 少なくとも一つの開口部と、前記開口部の最大幅よりも大きな最大幅の空洞部を内部に有する本体部とを備えた、中空断面を有する繊維強化樹脂構造体であって、

(B) 前記本体部は、強化繊維に合成樹脂が含浸された繊維強化樹脂で構成されているとともに、

(C) 前記本体部は、空洞部の内部最大幅 (F) が 0.5 m 以上で、かつ前記開口部の最大幅 (f) に対する空洞部の内部最大幅 (F) の比 (F / f) が 1.1 ~ 500 の範囲内である非回転体形状をしており、

(D) さらに前記本体部は、その全体が実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成されていることを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。この構造体は、航空機や自動車等の輸送機器、容器などとして用いられる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦
AL アルバニア
AM アルメニア
AT オーストラリア
AU オーストラリア
AZ アゼルバイジャン
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ
BB バルバドス
BE ベルギー
BF ブルキナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
BY ベラルーシ
CA カナダ
CF 中央アフリカ
CG コンゴ
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CN 中国
CR コスタ・リカ
CU キューバ
CY キプロス
CZ チェッコ
DE ドイツ
DK デンマーク

DM ドミニカ
EE エストニア
ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GB 英国
GD グレナダ
GE グルジア
GH ガーナ
GM ガンビア
GN ギニア
GW ギニア・ビサウ
GR ギリシャ
HR クロアチア
HU ハンガリー
ID インドネシア
IE アイルランド
IL イスラエル
IN インド
IS アイスランド
IT イタリア
JP 日本
KE ケニア
KG キルギスタン
KP 北朝鮮
KR 韓国

KZ カザフスタン
LC セントルシア
LI リヒテンシュタイン
LK スリ・ランカ
LR リベリア
LS レソト
LT リトアニア
LU ルクセンブルグ
LV ラトヴィア
MA モロッコ
MC モナコ
MD モルドヴァ
MG マダガスカル
MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国
ML マリ
MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
MX メキシコ
NE ニジェール
NL オランダ
NO ノールウェー
NZ ニュージーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア

RU ロシア
SD スーダン
SE スウェーデン
SG シンガポール
SI スロヴェニア
SK スロヴァキア
SL シェラ・レオネ
SN セネガル
SZ スワジランド
TD チャド
TG トーゴ
TJ タジキスタン
TZ タンザニア
TM トルクメニスタン
TR トルコ
TT トリニダード・トバゴ
UA ウクライナ
UG ウガンダ
US 米国
UZ ウズベキスタン
VN ヴェトナム
YU ユーゴスラビア
ZA 南アフリカ共和国
ZW ジンバブエ

明細書

中空断面を有する繊維強化樹脂構造体およびその製造方法

技術分野

本発明は、例えば航空機用胴体、自動車用ボデー、流体輸送機器等のように、非回転体形状の中空断面を有する繊維強化樹脂（F R P）構造体（以下、「中空断面を有する繊維強化樹脂構造体」を「中空断面を有するF R P構造体」または「中空F R P構造体」という。）とその製造方法の改良に関する。特に、内部の空洞の大きさに対して開口部が比較的小さいという形状的特徴を有し、しかも軽量かつ高強度であるがために前記航空機や自動車等の輸送機器として好適に用いられる中空断面を有するF R P構造体およびその構造体を生産効率よく容易に製造し得る製造方法に関する。

背景技術

最近、自動車や航空機等の輸送機器、気体や液体等を貯蔵あるいは搬送するための容器、ゴルフシャフトや釣り竿等のスポーツ用品、耐震補強材等の建設構造体など、軽量、高強度が要求される構造体として、F R P構造体が注目されている。

これらのF R P構造体のうち、たとえば圧力容器としては、開口部が比較的小さい中空F R P構造体が好適に用いられる。このような中空F R P構造体は、回転するライナーに、樹脂を含浸した強化繊維束を巻き付けた後に硬化させる、いわゆるフィラメントワインディング法で製造されるのが通常である。

ところが、フィラメントワインディング法で製造される中空F R P構造体は、回転軸に垂直な断面での内外形がともに実質的に円形である回転体形状に限定される。すなわち、開口部が内部の幅（径）に比べて小さい中空断面を有するF R P構造体としては回転体形状のものしか知られていなかった。また、その開口部の最大幅に対する内部最大幅の比が1.1倍以上のものについては、中子を開口部より引き出すことができないため、例えば米国特許3,220,910号明細書

に開示されているようにカッターを用いて中子を切断して取り出すことになる。その場合、リブを含むような構造になるとこのような切断方式にも限界がある。

ところで、輸送機器や、ガソリントankの容器などは輸送コスト削減のために当然、軽量の中空構造体でしかも軽量であることが好ましいが、回転体形状しかとれないとなると、内部空間が思うように効率的に取れなかったり、形状に大きく依存する空力抵抗などを適正化することができないなどの問題、さらには、デザイン上の問題もあり、従来から知られている回転体形状の中空FRP構造体をそのまま使うことは困難であった。

断面が中空でないFRP構造材や、開口部が比較的大きな複数の中空FRP構造材を接合して一体化すれば、やや複雑な形状の中空構造体が製造可能ではあるが、この場合接合された部位での強度や剛性が低くなったり、接合用ジグ等による重量増を招くなど、軽量かつ高強度、高剛性というFRPの特徴が損なわれやすい。さらには、接合に要する工数がコストの増大を招くという問題もある。

一方、各種形状の開口部が複数要求され、且つ全体としても比較的複雑で大型の輸送機器の中空断面を有するFRP構造体にあつては、該構造体は複数のFRP成形体から構成され、それぞれが接合されて構造体をなしているものはある。しかし、上記複数のFRP成形体の総てが開放形状の場合、それらが接合されて構成された構造体は、周方向に連続した部分を有しないため、構造体としての強度や全体剛性が比較的低くなりやすいという問題がある。

しかしまた、上記閉空間、即ち周方向に連続した閉曲面部を有する中空FRP成形体に関しては、閉曲面部が連続して形成された断面形状が比較的小さいもの、例えばパイプ状のものについては、引抜成形やマンドレルに樹脂を含浸した強化繊維束を巻き付けた後に硬化させる、いわゆるフィラメントワインディング法等により成形技術は確立されているが、全長が数mになる比較的大型のものや、更に端部や途中に開口部を有し、閉曲面部が全長にわたって連続していない形状の中空FRP構造体については、未だ成形技術が確立されているとは言えない。

すなわち、従来の中空FRP構造体においては、その形状や寸法上の制限等から、輸送機器や各種形状の容器などとして好適に使用することは難しい場合が多かった。

また、製造方法についても、比較的大きな成形体を製造することを目的に、伸縮性のある中子を用い、該中子を膨張させるために内圧成形する方法として米国特許 5,059,377 号明細書や特開昭 54-13571 号公報や特開平 11-48318 号公報などに示されているが、何れも本発明が対象とするドライの強化繊維基材をバギングして減圧した状態で樹脂を注入する方法とは全く異なり、予め樹脂を付着させた基材をレイアップした後で内圧成形したり、熱可塑性繊維と強化繊維を混織した基材を加熱しながら内圧成形する方法である。その為、樹脂のタック性のために作業性が低かったり、細かく複雑な形状に対応できない等の問題や、構造も開口部の最大幅より広い内部幅がない等、比較的単純な構造が対象である。

即ち、本発明が目指す開口部の最大幅より大きな内部最大幅を有し、その最大幅が 0.5 m 以上の比較的大型の中空 F R P 構造体であり、該構造体の形状も非回転体形状である様な凸状のリブ構造を内面に配置する等の複雑形状に対応できるものは未だ存在していない。

本発明は、上述のような従来の中空 F R P 構造体の問題を解決し、輸送機器や各種形状の容器などとして好適に使用できる一体構造を有し、軽量かつ高強度、高剛性という F R P の特性を最大限に活かすことのできる非回転構造体形状の中空 F R P 構造体、およびその製造方法を提供することを目的とする。

発明の開示

上記目的を達成し得る本発明の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の一つの態様は、

(A) 少なくとも一つの開口部と、前記開口部の最大幅よりも大きな最大幅の空洞部を内部に有する本体部とを備えた、中空断面を有する繊維強化樹脂構造体であって、

(B) 前記本体部は、強化繊維に合成樹脂が含浸された繊維強化樹脂で構成されているとともに、

(C) 前記本体部は、空洞部の内部最大幅 (F) が 0.5 m 以上で、かつ前記開口部の最大幅 (f) に対する空洞部の内部最大幅 (F) の比 (F / f) が 1.1

～500の範囲内である非回転体形状をしており、—

(D) さらに前記本体部は、その全体が実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成されていることを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体である。

本発明の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の他の態様は、

(A) 複数個の成形体から構成され、

(B) その中の少なくとも一つの成形体は、少なくとも一つの開口部と、内部に空洞部を有する本体部とを備え、かつその断面が非回転体形状をした構造体であって、

(C) 前記本体部は、強化繊維に合成樹脂が含浸された繊維強化樹脂で構成されているとともに、

(D) 前記本体部は、その少なくとも一カ所が閉空間を形成して実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成された部分を有することを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体である。

図面の簡単な説明

図1は、本発明が適用可能な中空FRP構造体の例を示す斜視図である。

図2は、本発明が適用可能な別の中空FRP構造体の例を示す斜視図である。

図3は、本発明が適用可能なさらに別の中空FRP構造体の例を示す斜視図である。

図4は、本発明が適用可能なさらに別の中空FRP構造体の例を示す斜視図である。

図5は、本発明が適用可能なさらに別の中空FRP構造体の例を示す斜視図である。

図6は、本発明に係るFRP成形体の成形方法の一例を示す概略構成図である。

図7は、本発明に係るFRP成形体の成形方法の別の一例を示す概略構成図である。

図8は、本発明の凹状溝を有する中子による内貼り材形成法の例を示す断面斜視図である。

図 9 は、図 1 とは別の本発明に係る F R P 成形体の構造体の一例を示す概略構成図である。

図 1 0 は、本発明のさらに別の実施例に係る中空 F R P 構造体の斜視図である。

図 1 1 は、本発明のさらに別の実施例に係る中空 F R P 構造体の斜視図である。

図 1 2 は、本発明のさらに別の実施例に係る中空 F R P 構造体の斜視図である。

図 1 3 は、図 9 で示した本発明に係るさらに別の F R P 成形体の成形方法の一例を示す概略構成図である。

図 1 4 は、本発明に係る F R P 成形体の成形方法の別の一例を示す概略構成図である。

図 1 5 は、本発明の実施例に係る F R P 成形体の成形方法の一例を示す概略構成図である。

図 1 6 は、本発明に係る F R P 成形体のリブのさらに別の一例を示す概略構成図である。

図 1 7 は、本発明に係る F R P 成形体のリブのさらに別の一例を示す概略構成図である。

図 1 8 は、本発明に係る F R P 成形体のリブのさらに別の一例を示す概略構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の中空断面を有する中空 F R P 構造体およびその製造方法ならびに成形用中子について、望ましい実施の形態とともに詳細に説明する。

本発明で言う中空断面とは、中空 F R P 構造体のいずれかの断面において、構造体内部に形成されている空間部が、成形体よりなる外周部に取り囲まれて、外部と連絡する開口部乃至は通路を有しないことを指す。また、閉空間とは、前記中空断面が長軸方向に連続している部分を指す。つまり、周方向に外界と連絡されていない部分である。なお、前記閉空間は、ボールの内部のように外部と全く連絡されていない空間であり得ないことはないが、それはあまり実用性がなく、原則として、構造体の長軸方向の端部の開口部乃至は途中の開口部を有する部分、即ち閉空間を形成していない部分を通じて、外界と導通している。尚、前記閉空

間の長軸方向の長さとしては特に限定されるものではなく、かつ、用途や目的により様々であるため一概には云えないが、おおよそ、0.2 m以上乃至／または全長の10%以上であることが好ましい。前記数値範囲以下では、中空構造体を形成するための最低限の剛性値を下回ることによって実用化出来ない場合がある。

尚、非回転体形状とは、回転体形状以外のすべての立体形状を言う。回転体形状とは、実質的に、平面図形を回転させた際の軌跡によって得られる立体形状を指し、球、回転楕円体、円錐、円筒、多段テーパ円筒などを含む。また、本発明における非回転体形状としては、特に対称軸を有する形状を好適な対象としている。尚、本発明の構造体は各断面が非円形であるものに限定されるものではない。各断面が円形であっても立体としては非回転体はあり得る（例えば断面が円で、長軸の方程式が $Y = X^2$ ($-0.5 < X < 0.5$) の立体の場合、すなわち、 $z^2 + (y - x^2)^2 = (r^2 - 2 * x^2)^2$ [$-r < x < r$ 、 r : 定数] 等)。そして当然それは本願発明の構造体の形状に属する。

本発明に係る非回転体形状のFRP構造体は中空形状をなすが、中空形状とは、殻形状、鼓形状、筒形状のような、実質的に内部空間を有する形状であり、内部空間と外部空間は1カ所以上の開口部で繋がっている。開口部は、人や人の手が入り出したり、荷物を出し入れしたり、穀物や液体、気体などを内部に収納するための出入口などに利用することができる。

本発明の中空断面を有するFRP構造体の一つ特徴は、開口部の最大幅よりも大きな内部最大幅を持つ中空形状を有することである。

本発明の開口部の最大幅とは、開口部の差し渡し長さのうち最大のものであり、寸法も1 m以上の大型のものを指す。たとえば、開口部が円形の場合にはその直径が、開口部が楕円形の場合にはその長径が、また開口部が長方形の場合にはその対角線長さが、それぞれ開口部の最大幅に相当する。開口部が曲面をなす場合には、開口部の縁上の任意の2点間の直線距離のうち最大のものを最大幅とする。

本発明の本体部における空洞部の内部最大幅とは、内部空間の最大差し渡し長さであるが、この際、長さを測定する方向は、開口部面と平行な面内における方向とし、その平行な面内における最大長さを内部最大幅とする。

なお、開口部を2カ所以上有する場合、本発明のうちこの中空FRP構造体は、

すべての開口部について上記の通り、開口部の最大幅よりも内部最大幅が大きい。また、開口部は両端部以外にあってもよい。

また、開口部の最大幅に対する内部最大幅の比率は1.1～500の範囲内であることが必要であり、1.2～100の範囲内であることが好ましい。比率が1.5～50の範囲内がより好ましい。この範囲の下限值よりも小さい場合、内部空間が十分ではなく、上限値よりも大きいと車体や容器などの場合内部の清掃や洗浄に手間取るからである。また、開口部の最大幅の1.2倍（より好ましくは、1.5倍）以上の断面最大幅（＝ある一つの断面内での最大幅）を有する断面が長軸方向に長さが0.1m（より好ましくは0.5m）以上または／および全長の5%（より好ましくは20%）以上の割合であることが好ましい。この場合、この条件を満たす断面の断面最大幅の大きさは同じものが続いても良いし、連続的に変化するなど異なっても良い。この範囲の下限値を下回る場合、内部空間が十分でなく、人の居住空間が狭くなり好ましくない場合がある。これは特に航空機や自動車等の輸送機器関係の用途において好適な条件である。

このような形状上の特徴により、開口部の大きさに対して比較的大きな内部空間を得ることができる。一方、内部空間を満たす物体を分割や変形をさせずに開口部から取り出すことがほとんど不可能な形状でもある。

本発明における非回転体形状には左右対称、上下対称のものが含まれる。非回転体形状であることにより、本発明の中空FRP構造体は、輸送機器、各種容器などの多様な用途に適用可能である。輸送機器とは、航空機、飛行機、ヘリコプターなどの飛翔体、自動車、バス、トラック、単車、自転車、あるいは、客船、帆船、モーターボート、レジャーボートなどの船舶、客車、高速列車などの鉄道車両、その他流通機器などである。後述するように、本発明の中空FRP構造体は機械的特性に優れるため、特に、数メートル以上の大型構造体に適している。

なお、本発明における中空FRP構造体とは、その主要構成部が、接合された部位を有さず、実質的に一体に形成されているものと、複数の成形体から構成されるが、その中の少なくとも1つが閉空間を形成して実質的に一体に形成された部分から構成されるものとを指称する。

前者はリベット、ボルト等により接合されてなるものを含まず、実質的に一体

となっている。従って、接合された部位を有するもののように繊維が切断されていないため強度が高く、薄肉化できて、生産性が高く、軽量化および低コスト化が可能である。特に、数メートル以上の大型構造体では自重による負荷荷重が大きく、接合された部位があることで構造体の大きさに限界が生じるが、一体化することで薄肉でありながら、より大きな構造体が可能となる。ただし、付属物などが、接合や締結により付加されていることは差し支えない。また、一体化されていることで、周方向全長に亘って接合された部位がない部分があることから、中空でありながら、極めて高い強度、剛性が発現し、信頼性の高い構造体となる。さらには、接合された部位の強度を保証するための、クライテリア（品質管理・検査）などが不要であるという極めて低コストな構造体と言える。なお、ここでいう接合された部位とは構造体形成のための接合であり、単に、アクセサリー（例えばドア取り付け用のちょう番等）をボルト接合等で取り付けることを含まない。また、金属やプラスチック等からなるアクセサリー接合用のジグ（ピンやネジ、板やブロックなど）をインサート成形して一体化しておくことも好ましい。

本体部周方向の断面は、閉空間となる中空断面を形成している。そしてさらに、実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成されている閉空間部分は、前記本体部の端部または／及び中央部に位置することが好ましい。

後者は複数の成形体を接着や局部真空成形によって接合することにより所定の中空FRP構造体を構成するので、個々の成形体の成形が容易になり、全体として安価に製造できる。また、その主要構成部であるFRP成形体は、一体成形された周方向全長に亘って連続した構造である中空断面が連なり、閉空間を形成している部分を有しているので、少なくともこの部分には接合された部位が存在せず実質的に一体構造で形成されており、そのFRP成形体内部の周方向に配向している強化繊維の大部分（好ましくは80体積％、より好ましくは90体積％）は一周以上に亘って切断されておらず、高強度、高剛性に形成され、FRP成形体全体としての強度、剛性も高く保たれる。従って、複数の成形体を用いて構成した中空FRP構造体についても、全体として高強度、高剛性に保たれる。

なお、閉空間を形成して実質的に一体構造に形成された部分が前記FRP成形体の端部または／及び該FRP成形体の中央部に形成されている構成とすること

ができる。

また、上記中空FRP構造体全体としては、複数の成形体の接合構造とすることにより、各成形体の成形や仕上げ加工の容易性、中空FRP構造体組立や製品化のための成形体同士の接合や内装作業の容易性が確保され、製造が容易になると共に、全体的に低コストで製造できる。また、上記FRP成形体に適宜開口部を形成しておくことにより、他の成形体との接合を容易化できるとともに、中空FRP構造体内部での仕上げ加工や内装作業等が極めてやりやすくなる。従って、開口部は端部にあることが好ましい。

また、両者に共通して言えることとして、周方向全長に亘って接合された部位がない部分には、FRPが周方向に直線的に延びる部分、曲線的に延びる部分のいずれを含んでいても差し支えない。勿論、中空構造体の内面や外面に平面体、曲面体、あるいはリブなどの突起を有していてもよい。

また、実質的に一体構造であるため、接合構造のように、材料の使用量を多く（肉厚を大きく）して補強する必要がなく、構造体を分割しすぎて補強部が多くなり、複合材料本来の軽量という特徴が失われるという問題もない。

かかる効果が確実に発現されるためには、輸送機器用構造体または容器用構造体の全長の20%以上が、一体構造に成形された中空FRP構造体により構成されていることが好ましく、全長の30%以上がより好ましい。もちろん、理想的には、輸送機器用構造体または容器用構造体の全長に渡って、当該中空FRP構造体により構成されていることである。

前記構造体の内面には、より高い強度や剛性を保持するためにその半径方向に突出した凸状リブを有することが好ましい。さらに該凸状リブは、内部にコア材が存在し、その周囲が強化繊維を含むスキン層で包囲されたフレーム構造をなしていることが好ましい。尚、本発明のFRP構造体乃至はその断面に関して、

「半径方向」という単語は円の半径に限定された属性を有するものではない。本発明では、概ね、半径方向とは、中空断面の重心を中心として、外部へ向かい放射状に広がる方向を指す。

前記構造体は、本体部が、外側に位置する前記スキン層と、内側に位置するコア材とからなる殻体で形成されていることが望ましい。

前記コア材の内側は好ましくは繊維強化樹脂からなるスキン層が積層された殻体で形成される。このコア材は、さらに構造体の半径方向に延びるリブを有すること、発泡体からなること、その表面に溝が形成されていることが好ましい。

本体部を構成する繊維強化樹脂に用いられる強化繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、SiC系繊維、アルミナ繊維、ホウ素繊維、金属繊維といった無機繊維、およびアラミド繊維、高密度ポリエチレン繊維、PBO（ポリベンゾオキサゾール）繊維、ポリアリレート繊維などの有機繊維など、公知の強化繊維を挙げることができるが、軽量かつ高強度、高剛性という点から、炭素繊維を用いることが好ましい。なかでも、引張弾性率200GPa以上の炭素繊維、引張強度4GPa以上の炭素繊維が好ましい。衝突の可能性のある輸送機器においては、耐衝撃性能に優れる伸度が1.5%以上の、より好ましくは2.0%以上の炭素繊維を使用することが好ましい。炭素繊維の弾性率と強度はJIS-R7601により測定でき、伸度は強度を弾性率で除して求めることができる。

なお、構造体がねじりを受ける場合、強化繊維のねじり弾性率は5~30GPaの範囲内であることが好ましい。繊維のねじり弾性率は特開平1-124629号公報に開示された方法により測定できる。

また、中空FRP構造体の熱変形量を小さくして、開口部での隙間の発生を抑えるために、強化繊維の熱膨張係数は $-0.1 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の範囲内であることが好ましい。

また、特公平1-272867号公報に示されている測定方法で得られるストランドの毛羽が30個/m以下であることが、信頼性の高い構造体を得られるので好ましい。毛羽がこれ以上であると、後述する成形中などで糸切れが発生する可能性があるからである。

ガラス繊維も、絶縁性、耐衝撃性、経済性という点で好ましい。有機繊維も絶縁性を付与する場合には好ましい。

中空FRP構造体が輸送機器の場合には、屋外に晒されることが多いため、雨や紫外線の影響、落雷の可能性があり、耐環境性に優れる上記の炭素繊維と、絶縁性に優れるガラス繊維または有機繊維を併用したいわゆるハイブリッド繊維とすることが好ましい。ハイブリッドの形態としては、異なる繊維同士が単糸レベ

ルで交絡しているものから、層状、面状に分布しているものまでを含む。また、カバリング系のように、ストランド状に分布しているものも勿論含まれる。

中空FRP構造体が容器、タンク乃至は貯蔵庫の場合には、内部に穀物などの固体、ガソリンなどの液体、各種ガスなどの気体を貯蔵するので、水分吸収の少ない炭素繊維、または／および耐ガス腐食性の高いガラス繊維が好ましい。

強化繊維の形態は、一方向引き揃え体、織物、マットなどを単独あるいは混合して使用することができるが、連続繊維の形態であることが、構造体の特性上好ましい。特に、構造体の長手方向全体にわたって連続した強化繊維を有することが最も好ましい。上記した伸度2%以上の繊維を使用した織物は、耐衝撃性に優れているため好ましい。ガラス織物は、異方性が小さく、応力集中を緩和させることができるので、開口部や孔部、スリット部などの応力集中部分に適している。

また、生産性を向上させるためには、単糸が12,000本～200,000本を一束としたいいわゆる太物強化繊維束を用いることが好ましい。

強化繊維の体積含有率は、35%～70%の範囲内であることが好ましい。この範囲より体積含有率が低いと構造体の強度などの特性が低下する傾向があり、逆に高すぎると樹脂の含浸等に困難性を生じ、コストの増大等の問題を生じることがある。前述の炭素繊維は、強化繊維に占める割合は、体積含有率で5～100%であることが好ましい。なお、体積含有率はJIS-K7052またはJIS-K7075に規定の方法により測定できる。

FRPを構成するマトリックス樹脂としては、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、フェノール樹脂、変性エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂や、ポリアミド樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、ABS樹脂、ポリエーテルケトン樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリ-4-メチルペンテン-1樹脂、ポリプロピレン樹脂等の熱可塑性樹脂、ゴム材などを用いることができる。このうち、機械物性を向上させるという観点からは、補強繊維との接着が良好なエポキシ樹脂や不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂が好ましい。また、耐衝撃性を向上させるという観点からは、ナイロン等の熱可塑性樹脂、エポキシ樹脂を熱可塑性樹脂やゴムで変性した変性エポキシ樹脂が好ましい。又、車両のような不燃性や難燃性が要求される用途にはフェノール樹脂や無

機質の難燃剤を不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂に混入したものが好ましい。

本発明の中空FRP構造体は、例えば、中子の外側に上記した補強繊維からなる基材を積層あるいは、巻き付けるなどして形成し、その後、樹脂を基材に注入、硬化させる、レジン・トランスファー・モールドィング（RTM）法により、高性能かつ低コストに製造することができる。基材中には、高分子材料、セラミック材料、あるいは金属材料からなる軽量発泡材、ハニカム材、粉体、粒子状物、シート状物などを、必要に応じて強化繊維の間および／または片面に挿入させておいても差し支えない。

中子は、木質材、プラスチック、発泡材、低融点合金、水溶性ポリマー、ワックス、ガラス、石膏、ゴム、セラミック、紙、粘土、氷などさまざまな材料から構成でき、目的とする中空FRP構造体に近い形状を有しており、硬化または、半硬化状態に至るまでの基材を3次元的に保持する役割を果たすもので、樹脂が硬化または、半硬化した後には取り除くことが可能である。ただし、中子を成形後にもそのまま中空FRP構造体と一体に残すこともできる。

中子は、中空であっても中実であっても成形は可能だが、中空である方が、軽量となるばかりでなく、真空吸引や内部加圧で中子を膨張させて、強化繊維を真直化させたり、FRPの繊維含有率を高めて強度を向上させることが可能なためより好ましい。中子が軽量であると、成形時に移動させるなど取扱い性に優れ、省労力、安全となる。また、中子をFRP構造体に残留させた場合でも、内部空間を大きく確保することができる。さらに、中子の材料使用量も少ないので、経済性上も好ましい。

中空FRP構造体を構成する基材と樹脂は、前記した強化繊維と樹脂からなるが、樹脂を注入する際には、中子と強化繊維基材をバッグフィルムで覆い、バッグ内を減圧した後に樹脂を注入するいわゆる真空バッグ法を採用することができる。また、前述したように、中子と強化繊維基材との間に被覆材を介在して、後述する外型と中子との間を減圧した後に樹脂を注入する真空成形法を採用することも好ましい。この場合、該被覆材は伸縮材であることが好ましい。伸縮性を有することで成形体の内部構造が突起を有するなどして複雑形状である場合でも、

中子と基材の間にあって突起部分を著しく変形させずに成形することができるからである。該被覆材は中子とは別製造したゴムなどの高分子材料からなる伸縮材であっても、分割あるいは一体中子の外面にコーティング等して形成された伸縮材であっても差し支えない。さらに、伸縮材は、外型との間で真空を確保するためだけでなく、中子に形成されたりブなどの突起部分のコーナー部で生じ易い中子の変形の微妙なズレなどによる基材と中子の隙間に起きる樹脂溜まりを抑制したり、また脱型を容易にしたり、金具などのインサート物の変形や移動を低減する働きを持たせることもできる。成形体の形状を害しないために、被覆材の好ましい厚みは0.1～2mm程度である。また、伸縮材の伸びは3%以上であることが好ましい。

又、前記被覆材を樹脂の流動抵抗を低減して、その拡散をさらに効率的に行う機能を有する媒体（即ち、樹脂拡散媒体）として用い、例えば、プラスチックからなるネット、メッシュ、マットなどを配置すると樹脂の拡散速度の向上や細部への流動が円滑化され、成形性が大幅に改善される。

また、中子表面には、深さが数mmから数cmの溝が形成されていることが好ましい。具体的は、深さが1～50mm（より好ましくは3mmから1cm）の範囲内であり、溝の間隔は5～900mm（より好ましくは10～100mm）程度が好ましい。また、溝同士は相互に交叉していても、平行に形成されていてもかまわない。このような溝は、樹脂注入時の樹脂の流れる経路となる。真空引きした場合のバッグ内空気の流路ともなり、基材中からの空気がとり除かれ易く、樹脂が基材中に隈なく行きわたる（強化繊維の単糸を取り囲む）ことから、ボイド量の少ない、機械的特性に優れた信頼性の高い成形物が得られるからである。

なお、中空FRP構造体におけるボイドの量は、体積率で2%以下、より好ましくは1.5%以下であることが好ましい。ボイド率は比重から求めることができるが、その他の方法として、成形体の任意断面をサンドペーパー（＃1000番以上の細かなもの）およびバフ研磨（研磨粉の粒径は5μm以下）で繊維が露出するまで研磨し、光学顕微鏡にて500倍に拡大した、ボイドの面積から求めることができる。この際、観察する面積は50mm²以上とすることで、より正確なボイド率を測定することができる。

このようにして成形された中空FRP成形物においては、FRPの内面に中子の溝に相当するリブが形成されることから、剛性が高くなり、より安定した構造体となる。特に、大面積の面板部分では、リブにより座屈しにくくなり、輸送機器用構造体などで特に好ましい。

なお、中空FRP構造体の剛性向上に関連して、中空FRP構造体の内部には、例えば前記リブ形状の内貼り材を設けることが好ましい。特に、開口部が3つ以上の輸送機器用構造体においては、内貼り材は剛性向上などに極めて有効である。内貼り材としては、強化繊維を含むポリマーやセラミックの吹き付け材、ゲルコート、フェノールなどの面板、チタン合金、アルミニウム合金、マグネシウム合金等の軽金属の板や棒材、各種フォーム材や、これら2種以上の材料を組み合わせたものを使用できる。内貼り材は、中空FRP構造体内面全てに存在する必要はなく、開口部の周り、広い曲面や平面部の中央を含む部分など、局所的に設けられていても差し支えない。内貼り材は、中空FRP構造体とは別成形されたFRP製あるいは金属製などのスティフナー、スパー、ストリンガーなどであってもよいし、中空FRP構造体と一体成形されたスティフナー、スパー、ストリンガーなどであっても差し支えない。尚、スティフナー、スパー、ストリンガーとは、桁、筋、骨、フレーム、補強材などと称される。

内貼材の断面形状としては、丸断面、コの字型、口の字型、ハット型、T字型、I字型、Z字型、S字型等があり、中空であるコの字型やハット型が剛性向上好ましく、さらに中空部にフォーム材などの軽量材を挿入するとさらに好ましい

(図8参照)。図8においては、内貼材を形成するために中子の外面に設けられた凹状溝64を有しており、この凹状溝は内貼材の剛性向上のためには複数の凹状溝であることが好ましい。また、該内貼材は空洞であれば、軽量化して好ましいし、冷暖房用の流体を循環させたり、燃料や潤滑油などの流路に用いたり、配線の通路などの用途にも利用することができて好ましい。尚、FRP製の内貼材においては、剛性向上のために、一方向に配列している補強繊維を有することが好ましい。

また、前記軽量材に溝を設けて樹脂含浸をより効果的に行うことも好ましい実施態様である。具体的な軽量材としては、ウレタンフォーム、ポリスチレンフォ

ーム、ポリエチレンフォーム、ポリプロピレンフォーム、フェノールフォーム、ユリアフォーム、ポリ塩化ビニルフォーム、シリコンフォーム、エポキシフォーム、ポリイミドフォーム、ポリエステルフォーム、メラミンフォームなどの軽量フォーム材や木製のバルサ材などを挙げることができ、見掛け比重が0.02～0.9程度のものをさす。中でも、ポリイミドフォームは難燃性を厳しく要求される輸送機器構造体には好ましい。また、バルサ材などの木質材も剪断剛性率が高く、剪断座屈しにくいので好ましい。前記の樹脂流動のために設けられた軽量材の溝は、樹脂が満たされた態様の図8の溝81を兼ねていても良いし、異なっているとも良い。

内貼り材の種類を適切に選択することで、断熱性、振動減衰性、防音性、耐衝撃性などの構造体としての特性を向上させることが可能である。

上記中空FRP構造体の製造時においては、基材の外側に2つ以上に分割された外型で挟んで圧力をかけることも好ましい。外型は、直接、あるいはバッグフィルム、ラバーやエアークッション等の緩衝層等を介して間接的に接しても差し支えない。最も好ましい圧力は、 $0.5 \text{ kg/cm}^2 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ の範囲内である。外圧が作用することで樹脂中にとけ込む気体の溶解度が向上し、結果としてFRP成形物のボイドが減少し、構造体の機械的特性が向上する。外型が金属製など高剛性材料であると、挟み込み力を大きくできる。また、外型の内面を精度良く仕上げておくことで、中空FRP構造体の表面をより平滑に仕上げることができる。平滑に仕上げることで、従来必要であった表面の機械加工が不要となり、低コストで製造できる。平滑な表面は、輸送機器において空気抵抗を低減させ、燃費を向上させるばかりか、風切り音などの騒音・異音を低減する。また、雨が降った場合などにも、水滴が流れるという利点がある。さらに、平滑であることから、塗装を施すことが容易となる。

外型を用いて成形する場合、減圧のための吸気口と樹脂注入口は、外型、中子のいずれ側に設けても良い。外型に設けると作業性に優れ、一方中子に設けると成形材外面に痕跡を残さずにすむという特徴があるので、適宜選択すればよい。また、型やジグの構成を工夫することにより、外型、中子以外の部分に設けることが可能な場合もある。

尚、外型の材料としては、耐熱性や高精度が必要な場合は、金属材料やセラミック材料が、軽量性、経済性が必要な場合はFRP、木質材が好ましい。

また、外型の分割数は2分割以上であるが、中子が突起箇所を有するなど複雑形状になるほど分割数を多くして、外型の脱着を容易にすることができる。経済性とのバランスを考慮すると分割数は3～8程度が最も好ましい。

さらに、外型を加熱する方法としては、外型内に発熱体を挿入したり、熱媒を流すなどの直接加熱法、外型の外部表面近傍に赤外線ヒータなどの発熱体や加熱流体を循環させる配管を設置して間接的に加熱する方法などがある。外型が金属製の場合には、外型に通電して発熱させることも可能である。直接加熱は、樹脂の硬化時間を短くでき、成形サイクルが短くなるので経済性上好ましい。また、最高到達温度を高くできるという効果もある。間接加熱は、外型を簡易、軽量にすることが必要な場合に有効である。外型の厚みが2～300mm程度の範囲内であると間接加熱に適している。

また、FRPの外面に被覆層が一体に形成されている構造とすることもできる。たとえば、より平滑な表面を得るためには、外型の内側にゲルコートをし、ゲルコートとFRPを一体成形させることも好ましい。ゲルコートとしては、エポキシゲルコート、ポリスチレンゲルコート、ウレタンゲルコートなど公知のあらゆるものが使用できるが、FRPと同種の樹脂、あるいは線膨張係数の近い材料であることがより好ましい。温度差により生じる熱応力が剥離を発生させることがあるからである。ゲルコートは構造体ではないから、厚みは0.1～数mmの範囲内であることが好ましい。この範囲内で、軽量性を損なわず、表面の平滑性が保持されるからである。

中子の外面に基材を配置する際の作業性を向上させたり、外型との密着性を図るために、中子に外向きに広がる力、例えば内圧を付与することも有効である。好ましい圧力は、0.5～10kg/cm²Gの範囲内であり、更に好ましくは、1.0～5kg/cm²Gの範囲内である。この際、圧縮空気等の気体によって内圧を付与してもよいし、必要に応じて水等の非圧縮性の加圧媒体を使用してもよい。また、製造工程中において内圧は、適当に圧力制御することも有効である。たとえば、基材を配置する際には作業性を優先して圧力を低くしておき、配置後

に更に高圧で加圧して中子を膨張させ、基材の強化繊維の弛みを取り除くといった制御が可能である。

また、中子の材料によっては、同様の制御を熱によって行うことも可能である。すなわち、中子を加熱して熱膨張させることにより、加圧と同様の効果を得ることができる。

また、中子が磁性体あるいは、磁石を含む場合、磁場を与えて中子を膨張変形させることも可能である。非接触で、かつ磁場の大きさを制御することで容易に中子の変形量を調節することが可能となり、構造体の精度を向上させることができる。代表的な磁性体としては、フェライト、パーマロイ、ニッケル合金、鉄等の金属材料を挙げることができ、中でも超パーマロイ、スーパーマロイ等のモリブデン、マンガン、クロムを含有する強磁性体、マンガン-亜鉛フェライト、ニッケル-亜鉛フェライト、マグネシウム-マンガンフェライト等の強磁性体の中子を変形させる際に大きな力を発生させることができて好ましい。

また、傘骨のような組立式あるいは、伸縮式の補強骨を挿入して剛性を向上させ、半硬化状態の基材の固定及び補強繊維の巻き付け操作を行い易くすることもできる。

中子がプラスチックなど気密性のある材質やFRPからなる場合には、内圧は中子に直接付与しても差し支えないが、木質材や金属材などからなるブロック状物および／または板状物を組み合わせた分割中子の場合には、中子の内部に風船状のものを挿入して、それを膨らませることができる。

なお、外型を基材に直接接触させて使用する場合、外型と構造体となるFRPとの離型性を向上させるために、FRPと外型の間に、離型材を挿入しておくことが好ましい。離型材としては、“テフロン”製のフィルムや、“テフロン”製ラバー、シリコンラバーなどがある。フィルムの場合、中子の外形は目的とする中空FRP構造体とほぼ同型となるが、シリコンラバーのように半固体の場合には、中子は必ずしも目的とする構造体に似る必要はなく、より低コストの単純な形状として、半固体に目的とする構造体の形状を付与しておくことができる。半固体状物は変形量が大きいため、例えば突起があるなど多少複雑な形状であっても、構造体を損傷させないで、取り除くことができる。また、半固体状物は離型

処理を施して再使用することもできる。

中子の外面に基材を配する際に、基材の強化繊維が中空中子の周囲の2周以上に亘って延びていると、中空中子からの圧力がその強化繊維のみに集中してしまい、構造体全体に圧力が均一に行きわたりにくい。更に、内部への加圧により中空中子を半径方向に膨張させると共に、強化繊維も少し移動させて緩みの無い状態にするためにも、2周以上に亘って延びているとその移動が阻害されることにもなる。その結果、FRP構造体が所望の形状、寸法に成形されなかったり、気泡の排出や樹脂の拡散が不十分になってFRP構造体の特性が十分発現しなかったりする場合がある。したがって、強化繊維が中空中子の周囲の2周以上、すなわち中空FRP構造体の内部空間の周囲の2周以上にわたって連続して延びないように配することが好ましい。尚、ここで2周以上にわたって連続して延びないように配するとは、FRP中の強化繊維の80体積%以上（より好ましくは90体積%、更に好ましくは95体積%）の強化繊維が2周以上にわたって連続して延びないように配することであり、2周以上にわたって連続して延びる強化繊維が一本でも有するものはこれを排除するものではない。

また、中空FRP構造体はその周方向全長に亘って一体成形されている部分を有することが好ましい。この周方向全長に亘って一体成形されている部分は、同一断面内に形成されていなくてもよく、たとえば、周方向にジグザグにあるいは曲がりくねりながら、周方向全長に亘って延びている部分に形成されてもよい。

基材を配する方法は任意であるが、本発明の中空FRP構造体は立体形状を有するため、作業中に基材の位置がずれたり、脱落したりするのを防止するために、基材保持材を使用することが好ましい。基材保持材としては、コの字型、Cの字型などのフックタイプのものや、接着剤あるいは粘着剤タイプのものなど、種々のものが使用できる。フックタイプの場合、その材質は金属、樹脂、FRP等が使用できるが、適当な樹脂を用いれば、FRP構造体の成形工程で加熱することにより溶融させて、FRP構造体の特性に悪影響を与えないようにすることもできる。また、金属製の保持材を使用すると、保持材が適切な数用いられたか否かの検査、あるいは保持材が成形中に位置ずれしなかったか否かの判断を超音波やX線、金属検知器などにより行うことができる。勿論、金属以外に樹脂等も使用

でき、その場合には成形後に溶出しないように選定しておくことも差し支えない。樹脂としては、マトリックスとなる樹脂にアセトン等の溶剤を混ぜて粘度を下げ、霧吹きにて強化繊維基材に噴霧することによって基材同士を仮止めしたり、該基材を成型型にその粘着力で仮固定することができる。

さらに、基材の保持方法として、磁力を利用する方法も生産効率が高く、生産現場の環境上も好ましい。具体的には、中空中子の内面側に設けた金属などの磁性体や磁石と基材外面に配した金属や磁石との磁力により基材と中子を固定する方法、あるいは、中空あるいは中実中子の内部に混入あるいは挿入された磁性体あるいは／および磁石と基材の外側に配した磁性体あるいは／および磁石との間に作用する磁力により中子に基材を保持・固定するやり方である。磁性体や磁石の形状は任意であるが、帯状とすれば比較的広い範囲で基材を緩まず固定することができるし、スポット状とすれば部分的に強固に固定できる。フレーム状とすれば、フレーム状で固定することができる。

中子は成形後に取り外してもよいし、一部または全部を構造体の一部として残してもよい。中子が中空であることにより、取り外す場合も内側から容易に引き剥がすことができ、また取り外さずに残す場合にも構造体の内部空間は所望の形状に保たれる。また、中子を剥がしたい箇所に、離型処理を施したり、“テフロン”などの離型フィルムを挿入したりしてもよい。

中空中子の外周面に設けられた溝により、気泡の排除および樹脂の拡散が効率的に行われ、大型でしかも強度や剛性に優れた構造体を得られる。また、この溝により、成形後の中空FRP構造体に強度や剛性を更に高めるためのリブを付与することもできる。

本発明の中空FRP構造体成形用中子は、各種の中空構造体の製造方法によって製造することができるが、なかでもいわゆるブロー成形によって、比較的大きな寸法のものやかなり複雑な形状のものや所望の厚さ対してもに効率的に製造することができる。ブロー成形に用いる外型にリブ状の形状を付与することによって、中子外面の溝も容易に形成することができる。

中子の材質は特に限定されないが、ブロー成形に適したポリエチレンテレフタレート、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリフェニレンエーテル、ポリプロピ

レン等の熱可塑性樹脂が好ましい。中でも、ガラス繊維を含有するポリプロピレンは中子の剛性が著しく高くできるので、基材の積層、中子のハンドリング性が容易で好ましい。この場合、適切なガラス繊維の量は体積含有率で1%～30%。ガラス繊維の長さは重量平均で0.1～100mm程度である。また、外型を使用する場合には、ゴムのような伸縮性に富む材料が好ましい。成形後に中子を取り去る場合には、少なくとも表面がシリコンゴムのような離型性に優れた材料であることも好ましい。

また、樹脂の硬化温度との関係では、中子の耐熱性は樹脂の硬化温度または仮硬化温度より高いことが好ましい。中でも耐熱性が樹脂の硬化温度または仮硬化温度よりも5℃以上高いと中子が樹脂硬化中または仮硬化温度に変形することが抑制できて、構造体の寸法精度が確保できるので好ましい。尚、中子の耐熱性は、JIS-K6760で測定されるピカット軟化点で定義される。

本発明の中空FRP構造体は、少なくとも次の(A)～(D)工程を順次経ることによって製造することができる。

(A) 断面が非円形断面形状の中子を、支持架台上などに配置する中子準備工程

(B) 前記中子の表面に、一部または全部が強化繊維からなる基材を配置する基材配置工程

(C) 前記基材の上部をバッグで覆い、該バッグ内を大気圧よりも減圧する減圧工程

(D) 前記強化繊維内に合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材の面方向に一樣に拡散させて基材内に含浸させる合成樹脂含浸工程

上記の工程に、さらに、全体を50～200℃の温度範囲内でキュアさせて一体成形する工程を加えることが好ましい。

本発明の中空FRP構造体は、少なくとも次の(A)～(E)工程を順次経ることによって製造することもできる。

(A) 断面が非円形断面形状の中子を、支持架台上などに配置する中子準備工程

(B) 前記中子の外面に、一部または全部が強化繊維からなる基材を配置する

基材配置工程

(C) 前記強化繊維を配置した基材の外周を外型で覆う外型配置工程

(D) 前記外型と中子との間を減圧する減圧工程

(E) 前記強化繊維内に合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材の面方向に一様に拡散させて基材内に含浸させる合成樹脂含浸工程

この場合に、中子の外面の少なくとも一部にシート状の被覆材を覆い、その上に一部または全部が強化繊維からなる基材を配置した後、その外周から外型で覆い、しかる後に該外型と中子の間を減圧して前記被覆材を外型方向に膨張または移動させた状態で合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材中の面方向に拡散させることにより強化繊維基材内に樹脂を含浸させることが好ましい。

上記のいずれの製造方法でも、中空状の中子を用いること、外面に樹脂通路溝を有する中子を用い、該溝から強化繊維基材内に合成樹脂を注入することが好ましい。

後者の製造方法では、伸縮可能な材料からなる中子を用いること、中子の内部を流体で加圧して、該中子を外型方向に膨張させること、その際の中子の内部加圧用流体が圧縮空気であり、その加圧力が0.05～1.0 MPa (0.5～10 kg/cm²) の範囲内であることが好ましく、更に0.1～0.5 MPaがより好ましい。

また、上記のいずれの製造方法の場合にも、基材配置工程 (B) において、被覆材に樹脂が拡散し得る樹脂拡散媒体を用いること、さらにそれが網状物であることが好ましい。中子には、プラスチック、ゴム材、水溶性ポリマー材、木質材のうちのいずれかが好ましく用いられ、ブロー成形法によって中空体に成形されたものが好ましい。さらに基材配置工程 (B) において、強化繊維からなる基材を配置する際には、各基材間または／および基材と中子間に、基材を保持する基材保持材を使用することが望ましい。構造体同士は、局部成形法により互いに接合して一体化することが好ましい。

また、いずれの製造方法にあっても、一体成形された構造体から、中子を除去する中子除去工程を加えること、あるいは一体成形された構造体中に、中子を構

造体と一体化させて残すことを行うこともできる。

複数個の成形体から構成され、その中の少なくとも一つの成形体が少なくとも一つの開口部と、内部に空洞部を有する本体部とを備えた、断面が非回転体形状をした繊維強化樹脂構造体を製造するに際しては、成形体同士を接合するに際し、成形体同士の接合部分をまたぐように強化繊維を配置し、接合部分を強化繊維の上から局部的にバッグで覆い、しかる後にバッグ内を減圧して樹脂を注入し、含浸させることによって、成形体を相互に接合させることができる。

本発明の中空FRP構造体およびその製造方法によれば、従来のフィラメントワインディング法などによる回転体形状の構造体に比べ、形状の自由度が高く、両端部以外、即ち3カ所以上の開口部を容易に設けることができる。輸送機器の場合、少なくとも窓、ドア作業口に相当する3つ以上の開口部があることが好ましい。容器においても、入り口、出口、作業孔あるいは、予備孔（非常孔ともいう）といった3カ所以上の開口部があることが好ましい。通常の容器の場合、出入口という2個の開口部だけでは、内部の清掃や検査ができず、不便である。なお、容器においては、3つ以上の開口部のうち、少なくとも一つの開口部は、容器の中央部に設けることが作業性上好ましい。

一体に形成された開口部は、成形物を切り抜くなどの後加工を行う必要がないことから、材料が節約でき、加工の手間も省けるので、極めて低コストとなる。また、機械加工していないため、前記した端部特有の問題がなく、信頼性に優れる。また、開口部を大きくする必要がある場合には、開口部の周囲に強化繊維をより多く配して、肉厚も他の箇所より厚めにしておくことが好ましい。

上記のような中子として好ましい材料としては、前述の材料のうち、木質材、プラスチック材、軽量発泡材、低融点合金、水溶性ポリマー、ガラス、石膏およびワックスが挙げられる。

このうち、木質材は、加工が容易で繰り返しの使用にも耐え、軽量で耐熱性もあり好ましい。FRP成形後に取り出せるように、小さな棒状、板状、鍵状、ブロック状などに加工した木質材を積み木のように組み合わせて、中子の外形が目的とする構造体と同様の形状になるようにして使用することができる。また、上記した溝の加工も木質材の場合容易に施すことができる。

プラスチック材としては、射出成形やブロー成形、回転成形、真空成形に適する熱可塑性の樹脂が最も好ましい。目的とするFRP構造体とほぼ同等の形状に、しかも中子の外面に細かな溝を低コストで形成することができる。中でもブロー成形は、生産性が高く、低コストで中子を成形することができる。また、薄肉の中子となるため、たとえ中子を取り除かなくとも成形された中空FRP構造体の内部空間を大きくできるという利点がある。構造体の大きさにもよるが、中子の厚みが0.5～20mm程度の範囲内であれば、中子は、成形物に残留させても差し支えない。また、薄い中子は、透明性があり、FRPの樹脂の含浸状態を成形物の内部から中子を取り外さずにチェックすることができる。なお、取り外しは、はぎ取りなどにより行うことができる。水溶性ポリマー（例えば、水溶性ナイロン）を使用した場合には、水中に漬けるなどして中子を取り除くことができる。

さらに、2軸延伸したブロー成形も好ましい。延伸比率は1:1～1:3の範囲内が好ましい。

回転成形の場合に好ましい樹脂としては、高密度ポリエチレン、中密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、架橋ポリエチレン、PVC、ポリエチレンテレフタレート、ポリアミド、ポリカーボネート、アクリル樹脂、ポリブチレン、フッソ樹脂、ポリエステル、ポリアセタール、エポキシ樹脂などである。中でも、粉体のサイズが20～100メッシュの範囲内のものは、中子の厚みは均一かつ、内部構造が均質となり、加熱時や加圧時の変形が均一となって、構造体の精度が向上するので好ましい。さらに、10メッシュ以下の微粉末粒子を混入させておくと、粒子の移動を潤滑し、粉体の流れをスムーズにし、熱移動を容易にするなどの効果を有するので、均質構造の中子を得やすくなり好ましい。また、上記したポリマーのうち、メルトインデックスが2～4のポリマーは回転成形に特に好ましい。

ポリエチレンは耐熱性、離型性が必要な場合に特に好ましい。尚、ポリエチレンの中でも架橋ポリエチレンは、耐熱性、耐応力腐食性に極めて優れるので好ましい。架橋のさせかたは、過酸化物で架橋させることが、耐熱性上、剛性上、衝撃特性上好ましく、中でもディキュミルパーオキサイドにより架橋度60%以上

とすると、伸度が著しく向上して中子の耐衝撃性が高くなり、製造工程中に中子が衝撃損傷することが抑制できて好ましい。中子に内圧を付与する場合には、製造工程中に不用意な衝撃により生じた損傷により、加圧時にガス漏れなどが発生する可能性があるからである。

回転成形は、射出成形やブロー成形に比べ低圧成形であり、設備費が易く、経済性に優れる。また、2軸以上の回転成形機を使用することで、異なる形状の中子を同時成形できるという特徴を有し、異なる中子を使用した一体構造体を製造する場合に適している。また、ブロー成形等に比較して大型の中子の成形が可能であり、構造体が大型になるほど好ましい。また、残留応力が無いので、加熱した際の中子の変形量が安定しており、構造体に高い精度が要求される場合に適している。また、中子の肉厚を一定にするためには、回転成形では主軸と副軸の回転比は0.8～7の間とすることが好ましい。さらに、主軸の回転速度は3～40rpmの範囲内にすると均一な厚みの中子を得られて好ましい。また、中子の残留熱歪みを小さくして、中子を加熱した際の変形を均一として、構造体の精度を向上させるためには、回転成形の金型は、電鍍金型あるいは鋳物金型とすることが好ましい。金型の材料は電熱性に優れる、アルミニウム合金、ニッケル、炭素鋼、ステンレス鋼が好ましい。中でも、アルミニウムとニッケルは、軽量であり、回転に要する動力が少なく好ましい。

さらに、冷却速度は、中子の収縮、変形歪みなどの寸法精度、結晶化度と結晶寸法分布などの構造不均一性に直接影響するので、適切な冷却速度が要求される。冷却が遅いと、結晶の成長により密度が増大して、成形収縮が増す。冷却工程で、金型内部にガス圧を加えることで成形歪みを減少しうる。あるいは、内部を不活性ガス置換すると、酸化をほぼ完全に防止できて好ましい。

回転成形に置いても、ブロー成形同様、多層構造、二重壁構造、金属インサート構造、繊維強化構造、アンダカット構造とすることが可能である。

次に、軽量発泡材とは、ウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム、ポリエチレンフォーム、ポリプロピレンフォーム、フェノールフォーム、ユリアフォーム、ポリ塩化ビニルフォーム、シリコンフォーム、エポキシフォーム、ポリイミドフォーム、ポリエステルフォーム、メラミンフォームなどの軽量発泡材のことで、

見掛け比重が0.02～0.9程度のものをさす。発泡材をメス型に注入することで、ハイサイクルで中子を成形することができる。また、上記比重とすることで、成形中に変形したりすることもない。フォーム材の場合、取り外しは、機械的に擦り落とす、あるいは削り取る、あるいは、風圧や水圧で飛ばして容易に取り除くことができる。水圧の場合、7～20 kg/cm²程度の範囲内の圧力が、FRPを損傷させる可能性が少なく好ましい。また、軽量発泡材においても、成形後に必ずしも取り除く必要はなく、構造体の断熱性が必要な箇所、防音性が必要な箇所、振動吸収性が必要な箇所、耐衝撃性が必要な箇所ではむしろ、中子を残しておくことが好ましい（つまり、中子を内貼り材相当部材として残すことができる）。より好ましくは、残すことを前提として、目標とする断熱性、防音性、振動特性、衝撃特性が達成されるように、中子の発泡材の材料、厚み等を事前に選定しておくことが好ましい。勿論、中子に炭化カルシウムやシリカ粒子などのフィラーや繊維などの補強材を添加しておいても差し支えない。

低融点合金の中子は、再利用できるので好ましい。ビスマス、鉛、スズ、亜鉛、カドミウムなどを主成分とする融点が40～200℃程度の合金のことで、比重が7～11程度のものである。FRPの樹脂が熱硬化性樹脂の場合、中子には耐熱性が必要であり、FRPの硬化温度を高くするという観点から低融点合金の融点は80～200℃の範囲内であることが好ましい。さらに、作業の安全面を考慮すると、最も好ましいのは、80～140℃の範囲内である。また、低融点合金も一部を取り除かず、FRPと一体化させておくことで、ネジ山が立てられたり、溶接やろう付けができるという利点がある。特にFRPが薄肉の場合、ネジやリベット、ピン、釘などが利用できず、FRPの裏側に金属材があることで、いわゆる金属加工が可能となる。また、中心に金属パイプを配置しその周辺に該低融点合金を設けて中空中子とする方が、軽量であり実用的である。

ガラス製の中子は、成形は難しいが、透明であるため、上記したプラスチックの中子と同様、FRPの成形状態がチェックできるので好ましい。

石膏の中子は低コストであり、極めて高い耐熱性があるため好ましい。

ワックス（蠟）の中子は、低融点合金と同様、加熱して取り出すことができる。天然の蠟は環境に優しい。また、容易に形状を変形、修正することができる。

さて、本発明に係る中空FRP構造体は、開口部の最大幅よりも大きな内部最大幅（0.5m以上）を有する中空FRP構造体であって、構造体形状が非回転体形状であるもの、あるいは、開口部が少なくとも3つあるものであり、具体的には、たとえば、次のような中空構造体に適用できる。図1～図6に具体的な実施例を示す。

図1は、本発明を分かり易くするためのイメージモデルであり、両端部に開口部2、3、中央部に窓またはドア用の開口部4を有する一体構造体であり、輸送機器（たとえば、小型飛行機、自動車など）等に適用可能な大型の中空FRP構造体1を示している。また、開口部2、3の最大幅よりの2倍以上をなす内部最大幅を有し、開口部も両端部以外に2つ設けられている。また、内部には、図8に示すような内部にコア材を配するリブを構成しており、それ以外の部分は殆どがスキン層や図18の様なサンドイッチ層から構成されている。また、該構造体の寸法は、長さが2m以上で、内部の最大幅が1m以上である比較的大型の中空構造体である。

図2は、開口部12～17（但し、リアウィンドウ16は図示せず）を有する、自動車用のモノコックボディを構成する中空FRP構造体11を示している。従来のモノコックボディの様な上部外殻体とフロアーが別体で成形され、それぞれが接続された接合構造とは異なり、フロア部まで一体に成形された実質的に一体構造をなす中空FRP構造体11である。

図3は、少なくとも前部開口部22、前部窓用開口部23、ドア用開口部24、側部窓用開口部25を有する、大型の旅客機など用の航空機の外殻体を構成する中空FRP構造体21を示している。このように10mを越える長尺の中空FRP構造体を成形するための中子は、一体で成形することが難しいことから、中子も数m単位で成形し、それぞれを接続して構成している。

図4は、少なくとも前部開口部32、前部窓用開口部33、ドア用開口部34、側部窓用開口部35、後部開口部36を有する、高速鉄道用の車両の外殻体を構成する中空FRP構造体31を示している。

図5は、少なくとも2つの開口部52、53を有する、容器体を構成する中空FRP構造体51を示している。このような中空FRP構造体51は、たとえば、

燃料タンクや各種液体容器、各種ガス用（高圧）容器などに適用できる。

図 6、図 7 は、上記図 1 に示した中空 F R P 構造体 1 を例にとって、製造方法の具体例を示している。

図 6 に示す方法においては、表面に周方向の溝 6 1 と該溝 6 1 と交差部分で連通し、溝の断面積が該溝 6 1 より広い長手方向の最頂部の溝 6 2 と最底部の溝 6 3 を、更に表面には図 8 に示すような断面形状の凹型溝 6 4 を、そして周囲より隆起した凸部 6 5 とを形成し、片側の端部に開口部 6 6 を有するような中空中子 6 0 を形成し（A）、次に図 8（A）のようにコア 8 3 の外周に強化繊維基材 8 2 を基材保持材によって固定してプリフォーム化したものを、この中子 6 0 の凹型溝 6 4 に配置した後、凸部 6 5 を除く表面の全域に強化繊維基材 6 7 を配し

（B）、全体を軟質のバッグ 7 0 で覆い、最頂部の溝 6 2 に連通する真空吸引路 6 9 を介して該バッグ内を真空引きしながら、樹脂 7 1 を最底部の溝 6 3 に連通する樹脂注入路 6 8 を介して注入し（C）、注入された樹脂を中子 6 0 の溝 6 1、6 2、6 3 を利用して強化繊維基材 6 7 の表面に拡散させるとともに該強化繊維基材 6 7 の中に含浸させ、樹脂を硬化させて所定形状の中空 F R P 構造体 1 を成形する。

上記成形では、いわゆる真空バッグ法により中空 F R P 構造体 1 を成形したが、図 7 に示すように、外型 7 2、7 3 を用いて成形することもできる。

外型を用いると成形品の外表面が外型の仕上げ面で成形仕上げとなるため、成形品位を上げたり様々な表面形態（例えば、超平滑仕上げ面、ザラザラ面、模様入りなど）で仕上げるができる。更にまた、予め成形面にゲルコート剤を塗布しておくことによって、成形後そのまま成形品の外表面にゲルコート層が形成される。

図 7 に示した外型は、金属製または F R P 製、場合によっては成形面を樹脂などでシール処理した木製で作られた分割型であり、図 7 では 2 分割構成としているが、必要に応じてさらに分割してもよい。

この外型を用いる方法は、上記の表面に強化繊維基材 6 7 を配した中子（B）を外型 7 2、7 3 の中に配置した後、強化繊維基材 6 7 が配設されている該中子 6 0 と該外型 7 2、7 3 の隙間（キャビティ）を前記真空吸引路 6 9 を介して該

キャビティ内を真空引きする。また必須ではないがその後および／または同時に、中子端部の開口部 6 6 から圧縮空気（圧空）を該中子 6 0 の中に噴入し、該中子 6 0 の全体を外型方向に膨張させる。この場合、中子が膨張しやすいように、前記圧空を熱風にしたり該外型 7 2, 7 3 を加熱する方が好ましい。その状態で、前記真空バッグ法と同様に樹脂 7 1 を樹脂注入路 6 9 を介して最底部の溝 6 3 に注入し、前記溝 6 1 を利用して強化繊維基材 6 7 の表面に拡散させるとともに該強化繊維基材 6 7 の中に含浸させ、樹脂を硬化させる。この場合、特に外型 7 2, 7 3 を加熱して中子 6 0 や繊維強化基材 6 7 をも加熱されていると、注入されて基材 6 7 の表面や基材中を流れる樹脂の粘度が下がり、流入速度や含浸性が向上するので、より好ましい。

また、中子表面に樹脂通路用としての溝を形成していない前記凸部 6 5 や凹部の中子表面には、樹脂流動抵抗の低い網状からなる樹脂拡散媒体を配置しておくことで樹脂が流れ易くなり、より好ましい。

更にまた、中子表面の周方向に樹脂通路用として設けた溝 6 1 を形成せず、中子の表面または／及び外型の内表面に、例えば網状物の樹脂拡散媒体を配置しても良い。

また、後述のコア材と F R P スキン層で構成される F R P サンドイッチ成形体を形成する場合は、樹脂通路を該コア材に設けるため、該コア材が配置される部分の中子 6 0 に溝 6 1 を形成したり樹脂拡散媒体を配置したりする必要はない。

また、上記のように中子 6 0 の中に圧空を噴入して中子を膨張させることによって、強化繊維基材 6 7 を押圧すると共に、より真直化するさせることができる。従って、F R P 成形体の繊維体積含有率が向上すると共に強度も向上する。

成形後、該中子 6 0 は F R P 成形体から取り除いても残したままでも良いが、取り除く場合、加熱して中子 6 0 を軟化させた状態で引き抜くか、加熱軟化しながら更に中子 6 0 内を減圧して収縮させて引き抜くと比較的容易に取り出せる。

さて、本発明に係るもう一つの中空断面を有する F R P 構造体は、複数の成形体の組立接合体からなり、その中の少なくとも一つの F R P 成形体の少なくとも 1 箇所、断面において中空断面を有する部分が連続して、実質的に一体成形された閉空間形成部に形成されたものであり、具体的には、例えば、以下のような

中空構造体に適用できる。図 9～図 15 に具体的な実施例を示す。

図 9 は、両端部に開口部 9 2、9 3、中央部に窓やドア用の開口部 9 4 を有する F R P 成形体 9 5 と、開口部 9 4 に設けられ、F R P 成形体 9 5 と接合された成形体 9 6 とからなり、例えば小型あるいは中型の航空機の外殻体や（レース用）自動車ボディーなどに好適な輸送機器用の中空 F R P 構造体 9 1 を示している。また、該構造体 9 1 は、開口部 9 2、9 3 の最大幅よりも 1.2 倍以上大きな内部最大幅を有している。F R P 成形体 9 5 の閉空間形成部 9 7 は開口部 9 2、9 3 側に形成されているため、両端部形状が中央部より滑らかで高剛性の構造体である。

図 10 は、両端部に開口部 10 1、10 2、上面側に開口部 10 1、10 2 に接続する開口部 10 3、10 4 を有する F R P 成形体 10 5 と、該開口部 10 3、10 4 に設けられ、F R P 成形体 10 5 と接合された成形体 10 6、10 7 とからなる、例えば自動車ボディーなどに好適な輸送機器用の中空 F R P 構造体 10 9 を示しており、開口部 10 1、10 2 の最大幅よりも大きな内部最大幅を有している。F R P 成形体 10 5 の閉空間形成部 10 8 は中央部に形成されており、自動車では運転席に相当する位置であり、所要の強度、剛性を確保し易い構造である。

図 11 は、両端部のうち片側を閉塞部 11 1、もう片側を開口部 11 2 とし、上面側に開口部 11 2 に接続する開口部 11 3 を有する F R P 成形体 11 4 と、開口部 11 3 に設けられ、F R P 成形体 11 4 と接合された成形体 11 5 とからなる、例えば船舶やボート等のボディーに好適な輸送機器用の中空 F R P 構造体 11 7 を示しており、開口部 11 2 の幅よりも大きな内部最大幅を有している。F R P 成形体 11 4 の閉空間形成部 11 6 は閉塞部 11 1 側に形成されている。走行時、流体の大きな流動負荷を受け易い前頭部が強固な構造である。

図 12 は、両端部に開口部 12 1、12 2、上面側と下面側にそれぞれ開口部 12 3、12 4 を有する F R P 成形体 12 5 と、開口部 12 3、12 4 に設けられ、F R P 成形体 12 5 と接合された成形体 12 6、12 7 とからなる、例えば小型又は中型の飛行機の外殻体や高速鉄道用車両の外殻体など長尺の輸送機器用の中空 F R P 構造体 12 0 を示しており、開口部 12 1、12 2 の最大幅よりも

大きな内部最大幅を有している。FRP成形体125の閉空間形成部128、129は開口部121、122の両側に形成されており、前後端部を強固にし、天井や床を別成形して組立接合する構造である。

尚、上記図9から図12において、前後端部は必ずしも開口構造である必要は無く、蓋などによる閉塞構造を適宜形成しても良い。

図13、図14及び図15は、上記図9に示したと同様の中空FRP構造体を例にとって、そのFRP成形体の成形方法の具体例を示している。

図13に示す方法においては、表面に溝132、各部に開口部133、134、135を有する中空中子131を形成し(A)、この中子111の表面に強化繊維基材136を配し(B)、全体をバッグ137で覆い、真空吸引路138を介しての真空引きにより樹脂139を注入路140を介して注入し(C)、注入された樹脂を中子131の溝132を利用して基材136の表面に拡散させるとともに基材136中に含浸させ、樹脂を硬化させて所定形状の中空FRP成形体を成形する。

また、図14に別の成形方法を閉空間形成部における成形の様子を示すことによって説明する。表面に周方向の溝132が形成されていない中空中子141の面上に樹脂拡散媒体142(たとえば、網状体からなる樹脂拡散手段)を設け、その上から離型処理された布状シート143を介して強化繊維基材144を配置し、更にその上に全体をバッグ基材145(たとえば、シート状物からなるバッグ基材)で覆った後、該バッグ基材145で覆われた内部を減圧ライン146から真空引きして真空状態にし、真空圧の作用で強化繊維基材144をバッグ基材145によって締め付け、繊維体積含有率が高められた状態で樹脂注入ライン147から樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材144の面方向に拡散させるとともに強化繊維基材144内に含浸させることにより成形することもできる。

上述の成形では、いわゆる真空バッグ法によって中空FRP成形体を成形したが、図15に示すように、外型151、152を用いてFRP成形体を成形することもできる。図15に示した外型は、型151、152の2分割構成としているが、必要に応じてさらに分割してもよい。但し、このように開口部を有する成形体を成形するための中子154は、外型内で中子の該開口部から注入樹脂が中

子の内面側に流入するため、前述の図 7 で説明したように、成形面に開口部が全く無く成形面が連続した中子であり、該成形体の開口部に当たるところは他の面より隆起しているか、置き子型を配置して置き、その部分には強化繊維基材 1 5 3 を配置しない状態で外型に挿入することになる。その後の成形は、図 7 で説明した方法を行うとよい。

また、FRP 成形体の断面構成は、各種形態に構成できる、たとえば、図 1 6 に示すように、FRP 層 1 6 1 とその内面に一体に設けられた FRP 製のリブ 1 6 2 からなる構成や、図 1 7 に示すように、FRP スキン層 1 7 1 と、発泡体等からなるコア材 1 7 2 の一体積層構成とし、コア材 1 7 2 の端部に FRP からなるリブ 1 7 5 を設けて FRP スキン層 1 7 1 を補強した構造としてもよい。さらにコア材 1 7 2 の表面に設けた樹脂拡散用の溝 1 7 3 に残る樹脂 1 7 4 をリブとして利用してもよい。更に、図 1 8 に示すように、コア材 1 8 1 の両面に FRP スキン層 1 8 2、1 8 3 を設けてサンドイッチ構造とし、コア材 1 8 1 の端部に FRP からなるリブ 1 8 6 を設けて、サンドイッチ構造を補強した構造としてもよい。さらに溝 1 8 5 内の樹脂 1 8 4 をリブとして利用することもできる。

以下に実施例を示して説明する。なお、特に限定されるものではないが、実施例 1 の態様は、航空機、特に小型航空機の場合に好適に用いることができる。また、実施例 2 のように特に限定されるものではないが、底部に FRP でサンドイッチ乃至は周回されたコア材を底板等として配した態様は自動車等の陸上運送機器に好適に用いることができる。

実施例 1

FRP 製中空モノコックボデーを成形するために、内面に凸型のリブ形状を有する金属型を用い、回転成形によって図 6 (A) に示すようなポリエチレンテレフタレート製の中空中子を作製した。該中空中子の全長は 6.5 m、全幅は最大 1.4 m～最小 0.7 m、全高は最大 1.3 m～最小 0.5 m であり、殻厚さは 1～3 mm とした。また中子表面には、型に設けられたリブ形状によって幅 30～50 mm、深さ 40～50 mm の凹型溝を長手方向に、また、中子の全体表面（上記凹型溝内は除く）には幅 3 mm、深さ 3 mm の溝を 25 mm ピッチで周方

向に形成した。

次に、この中空中子の内部に圧力 $0.2 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ の圧空を噴入して剛性を高めて変形しにくくした後、上記金属型の凸型リブ形状によって長手方向に設けられた凹型溝の表面に樹脂流動用網状織布を配置し、その上に該リブ形状と同形状のポリウレタン製フォームコア（発泡倍率 = 1.5 倍）の周りに炭素繊維強化織物を配した状態のものを装着し、その後中子の外表面全体に平織り状の PAN 系炭素繊維およびガラス繊維基材を皺が生じぬようにして各断面の周長の $1.1 \sim 1.5$ 周分を被せた。基材には中子の表面形状にしっかり沿うようにある程度の張力を付与し、また図 6 (B) に示すように中子の中央付近のドアや窓にあたる数箇所の凸部に該基材が乗り上げないように、適宜切断したものを組み合わせ、半硬化状エポキシ樹脂をベースとした基材保持材を基材同士や中子表面に噴霧して前記 2 層の該基材を中子に固定した。なお、PAN 系炭素繊維としては引張強度 4.9 GPa 、引張弾性率 235 GPa 、フィラメント数 2,400 本のものを用いた。

次に、上記のように強化繊維基材を配置した樹脂製中子を、図 7 に記載したような 2 分割の外型に挿入セットして型を閉じた。その際、型同士や型と中子（両端部）間は O-リング（記載していない）と補助的にペースト状シール剤によってシールしている。また、外型の分割合わせ面の頂部及び底部に設けた穿孔加工穴に”テフロン”製チューブを通して、中子の頂部と底部に設けている長手方向の溝に連通させる。そのうちの頂部に連通するチューブ内を真空吸引して、外型内面と中子外表面の間のキャビティ部分を減圧する。更にまた、中子端部に設けた開口部より、圧力が $3 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ の圧空を封入して該中子を外型方向に約 3 mm 膨張させた後、その状態で、底部に設けたチューブから、約 50°C に保持された未硬化のエポキシ樹脂を注入した。尚、上記真空吸引前より外型はオープン加熱により 70°C に保持されている。

樹脂を注入し、基材への樹脂含浸が終了した後、更に 120°C に昇温して約 1.5 時間保持して樹脂を完全硬化させた。

成形された中空 FRP 構造体を外型取り出し、そして中子内部を減圧して中子を収縮させた後中子を取り除き、FRP からだけで形成された中空一体構造体と

した。この中空FRP構造体の強化繊維体積含有率は、57%～62%であった。

製造されたFRP製中空一体構造体は、設計通りのリブ付き形状で所定の強度、剛性、軽量さを有するものであった。さらに、外面は平滑で、研磨等の二次加工は、ごく一部を除いて必要なかった。また、断面観察により求めたボイド量は0.5%であった。

実施例 2

図2に示すような前窓開口部12、左ドア開口部13、右ドア開口部14、ボンネット蓋開口部15、後窓開口部16（図示せず）、およびトランク蓋開口部17を有する自動車のFRP製中空モノコックボディー11を成形するための中空中子（高密度ポリエチレンテレフタレート樹脂製）を、該自動車のボンネット周り、前後面の窓開口部周り、左右のドア開口部周り、トランク蓋開口部周り及び自動車の外郭を構成する外周位置に（FRP製）フレームを形成するために設けられた、上記フレームを形成する位置に一致する凸型形状部分を有する金属型を用いて、ブロー成形によって作製した。該中空中子の全長は約4.5m、全幅は全長とも約1.7m、全高は最高の中央部が約1.4mであり、それ以外は約0.7mである。殻厚さは1.5～2.5mmとした。また中子表面には、自動車の窓やドアなどの開口部に当たるところだけに、幅5mm、深さ3mmの溝を25mmピッチで周方向（上下方向）に形成した。又、該中空中子には前方底部に圧空封入用の開口部（直径12mm）を有する。

次に、上記金属型の凸型形状によって形成された中空中子の凹型溝に、該凹型溝形状と同形状のポリスチレン製フォームコア（発泡倍率が20倍で、周囲に樹脂流動用の溝を形成している）の周りに炭素繊維強化織物（東レ（株）製トレカ・T700S）とガラス繊維チョップドストランドマット（日東紡績（株）製MC300）を各1層ずつ配した状態で固定し、その後自動車の床用として中子底部に炭素繊維強化織物（東レ（株）製トレカ・T700S）2層（上面）とガラス繊維チョップドストランドマット（日東紡績（株）MC450）2層（下面）とでポリスチレン製フォームコア（発泡倍率が10倍、厚さが6mmで、上面を除く各面には樹脂流動用の幅1mm、深さ2.5mmの小溝を形成）をサンドイッチすることによっ

て図 18 に示すような構造をなすように配置し、それ以外の外表面全体には平織り状のガラス繊維基材（日東紡績製ロービングクロス・WR570とチョップドストランドマットMC380を各1層）を皺が生じぬようにして被せた。基材には中子の表面形状にしっかり沿うようにある程度の張力を付与し、また前方に位置するボンネットや中央付近のドアや窓及び後方のトランク蓋にあたる中子の数箇所の凸部に該基材が乗り上げないように、適宜切断したものを組み合わせ、半硬化状エポキシ樹脂をベースとした基材保持材を基材同士や（窓やドアの部分以外の）中子表面に被覆している樹脂流動用網状織布／離型用織布の上に噴霧して固定した。

各基材は予め外段取りでプリフォーム化しておくが、床以外の上方部分は前後方向に多分割されており、各々についての周方向の長さは一周未満で構成され、底面で床用基材とオーバーラップ（重ね代＝約50mm以上）させて繋げた形態となっている。

次に、上記のように強化繊維基材を配置した樹脂製中子を、図7に記載したような2分割外型に投入するが、該外型の成形面には予め離型剤を塗布した後、仕上げ塗装用ゲルコートが塗布されている。それ以降は、前記実施例1と同様な方法で樹脂注入及び硬化、更に脱型して外表面がゲルコートで仕上げされた商品性の高いFRP成形体を得た。この場合に用いた樹脂は、速硬型のエポキシ樹脂

（2官能エポキシ樹脂とアミン系硬化剤）であり、上記強化繊維基材の中子表面へのレイアップから樹脂注入及び脱型までに要した時間は、約10分であった。

その後、該FRP成形体を100℃のオーブンに投入し、約0.7時間保持して該FRP成形体のマトリックス樹脂を完全硬化させ、更に中子内部を減圧して中子を収縮させた後中子を取り除き、窓やドアなどは開口状態となったFRP製自動車用中空モノコックボデーを完成した。

製造された該FRP製中空モノコックボデーは、設計通りで実用に供する強度、剛性、軽量さを有するものであった。中空FRP構造体の強化繊維体積含有率は、56%～63%であり、断面観察により求めた各部位のボイド量は最大でも0.8%であった。

産業上の利用可能性

本発明によれば、例えば飛行機、自動車等の各種輸送機器や、複雑な形状を有する比較的大型の容器に有用な中空FRP構造体を、効率よく安価に、しかも容易に製造することができる。

請求の範囲

1. (A) 少なくとも一つの開口部と、前記開口部の最大幅よりも大きな最大幅の空洞部を内部に有する本体部とを備えた、中空断面を有する繊維強化樹脂構造体であって、

(B) 前記本体部は、強化繊維に合成樹脂が含浸された繊維強化樹脂で構成されているとともに、

(C) 前記本体部は、空洞部の内部最大幅 (F) が 0.5 m 以上で、かつ前記開口部の最大幅 (f) に対する空洞部の内部最大幅 (F) の比 (F/f) が 1.1 ~ 500 の範囲内である非回転体形状をしており、

(D) さらに前記本体部は、その全体が実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成されていることを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

2. 前記本体部の内周面に、その半径方向に突出した凸状リブを有することを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

3. 前記凸状リブは、内部にコア材が存在するとともに、コア材の周囲が強化繊維を含むスキン層で包囲されているフレーム構造をなしていることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

4. 前記本体部の繊維強化樹脂には、実質的に周方向の 2 周以上に亘って連続して延びる強化繊維を有しないことを特徴とする請求の範囲第 1 ~ 3 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

5. 本体部に閉空間を形成していることを特徴とする請求の範囲第 1 ~ 4 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

6. 前記周方向の断面がを形成しているとともに、実質的に接合された部位を有

しない一体構造に形成されている部分は、前記本体部の端部または中央部に位置することを特徴とする請求の範囲第5項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

7. (A) 複数個の成形体から構成され、

(B) その中の少なくとも一つの成形体は、少なくとも一つの開口部と、内部に空洞部を有する本体部とを備え、かつその断面が非回転体形状をした構造体であって、

(C) 前記本体部は、強化繊維に合成樹脂が含浸された繊維強化樹脂で構成されているとともに、

(D) 前記本体部は、その少なくとも一カ所が周方向の断面において閉空間を形成して実質的に接合された部位を有しない一体構造に形成された部分を有することを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

8. 前記開口部は、複数個の成形体からなる構造体の端部に位置することを特徴とする請求の範囲第7項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

9. 前記構造体は、空洞部の内部最大幅(F)が0.51m以上で、かつ前記開口部の最大幅(f)に対する空洞部の内部最大幅(F)の比(F/f)が1.1～500の範囲内であることを特徴とする請求の範囲第7または8項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

10. 前記構造体の空洞部に面した内面に、その半径方向に突出した凸状リブを有することを特徴とする請求の範囲第9項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

11. 前記凸状リブは、その内部にコア材が存在し、その周囲が強化繊維を含むスキン層で包囲されたフレーム構造をなしていることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 2. 前記構造体は、本体部が、外側に位置する前記スキン層と、内側に位置するコア材とからなる殻体で形成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 ～ 1 1 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 3. 前記構造体は、さらに前記コア材の内側に繊維強化樹脂からなるスキン層が積層された殻体で形成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 4. 前記コア材は、構造体の半径方向に延びるリブを有することを特徴とする請求の範囲第 1 2 または 1 3 項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 5. 前記コア材は、発泡体からなることを特徴とする請求の範囲第 3 ～ 6、1 1 ～ 1 4 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 6. 前記コア材の表面に溝が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 3 ～ 6、1 1 ～ 1 5 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 7. 前記本体部の内面の少なくとも一部に、内貼り材が設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 1 6 のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 8. 前記内貼り材は、複数の凹状溝を有することを特徴とする請求の範囲第 1 7 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

1 9. 前記強化繊維は、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、高密度ポリエチレン繊維、ポリアリレート繊維のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求の範囲第 1 ～ 1 8 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

20. 前記強化繊維は、12,000～200,000本の範囲内の単糸本数を一束とした炭素繊維束からなることを特徴とする請求項1～19項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

21. 前記本体部は、ボイド量が体積率で2%以下の範囲内であることを特徴とする請求の範囲第1～20項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

22. 前記合成樹脂は、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、フェノール樹脂のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求の範囲第1～21項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

23. 本体部の外面に被覆層が一体に形成されていることを特徴とする請求の範囲第1～22項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

24. 被覆層がゲルコート層であることを特徴とする請求の範囲第23項に記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体。

25. 請求の範囲第1～24項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体をその一部に有することを特徴とする輸送機器。

26. 少なくとも次の(A)～(D)工程を順次経ることを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

(A) 断面が非円形断面形状の中子を、架台上に配置する中子準備工程

(B) 前記中子の表面に、一部または全部が強化繊維からなる基材を配置する
基材配置工程

(C) 前記基材の上部をバッグで覆い、該バッグ内を大気圧よりも減圧する減
圧工程

(D) 前記強化繊維内に合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材の面方向に一樣に拡散させて基材内に含浸させる合成樹脂含浸工程

27. さらに、全体を50～200℃の温度範囲内でキュアさせて一体成形することを特徴とする請求の範囲第26項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

28. 少なくとも次の(A)～(E)工程を順次経ることを特徴とする中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

(A) 断面が非円形断面形状の中子を、支持架台上に配置する中子準備工程

(B) 前記中子の外面に、一部または全部が強化繊維からなる基材を配置する基材配置工程

(C) 前記強化繊維を配置した基材の外周を外型で覆う外型配置工程

(D) 前記外型と中子との間を減圧する減圧工程

(E) 前記強化繊維内に合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材の面方向に一樣に拡散させて基材内に含浸させる合成樹脂含浸工程

29. 中子の外面の少なくとも一部にシート状の被覆材を覆い、その上に一部または全部が強化繊維からなる基材を配置した後、その外周から外型で覆い、しかる後に該外型と中子との間を減圧して前記被覆材を外型方向に膨張または移動させた状態で合成樹脂を注入し、該樹脂を強化繊維基材中の面方向に拡散させることにより、強化繊維基材内に樹脂を含浸させることを特徴とする請求の範囲第28項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

30. 中子配置工程(A)において、中空状の中子を用いることを特徴とする請求の範囲第26～29項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

31. 前記中子配置工程(A)において、伸縮性材料からなる中子を用いること

を特徴とする請求の範囲第 28 または 29 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

32. 前記中子配置工程 (A) において、中子の内部を流体で加圧して、該中子を外型方向に膨張させることを特徴とする請求の範囲第 28、29、または 31 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

33. 前記中子準備工程 (A) において、中子の内部加圧用流体が圧縮空気であり、その加圧力が 0.049～0.98 MPa (0.5～10 kg/cm²G) の範囲内であることを特徴とする請求の範囲第 32 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

34. 前記中子準備工程 (A) において、外面に樹脂通路溝を有する中子を用い、該溝から強化繊維基材内に合成樹脂を注入することを特徴とする請求の範囲第 26～33 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

35. 前記基材配置工程 (B) において、前記被覆材に樹脂が拡散し得る樹脂拡散媒体を用いることを特徴とする請求の範囲第 29～34 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

36. 前記樹脂拡散媒体に、網状物を用いることを特徴とする請求の範囲第 35 項記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

37. 前記中子に、プラスチック、ゴム材、水溶性ポリマー材、木質材のうちのいずれかを用いることを特徴とする請求の範囲第 26～36 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

38. 前記構造体同士を、局部真空成形法により互いに接合して一体化することを特徴とする請求の範囲第 26～37 項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維

維強化樹脂構造体の製造方法。

39. 前記基材配置工程（B）において、強化繊維からなる基材を配置する際に、各基材間または／および基材と中子間に、基材を保持する基材保持材を使用することを特徴とする請求の範囲第26～38項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

40. ブロー成形法によって中空体に成形された中子を用いることを特徴とする請求の範囲第26～39項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

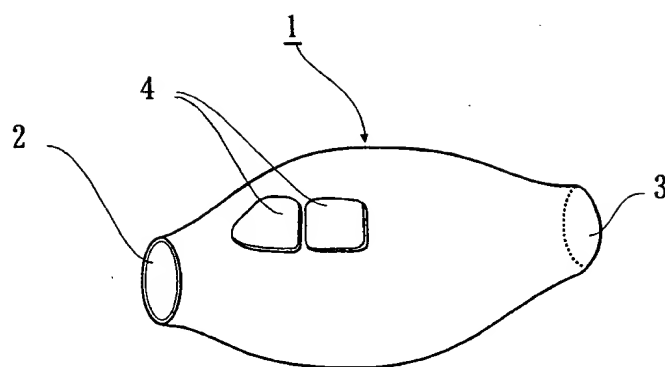
41. 一体成形された構造体から、中子を除去する中子除去工程を有することを特徴とする請求の範囲第26～40項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

42. 一体成形された構造体中に、中子を構造体と一体化させて残すことを特徴とする請求の範囲第26～40項のいずれかに記載の中空断面を有する繊維強化樹脂構造体の製造方法。

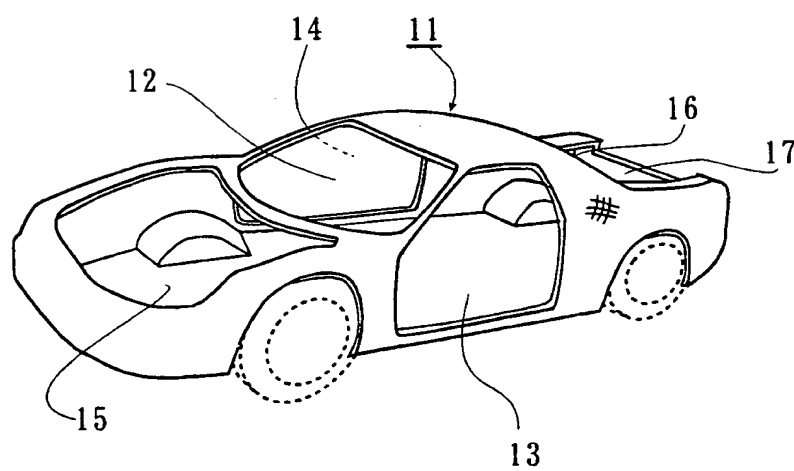
43. 複数個の成形体から構成され、その中の少なくとも一つの成形体が少なくとも一つの開口部と、内部に空洞部を有する本体部とを備えた、断面が非回転体形状をした繊維強化樹脂構造体の製造方法であって、

前記成形体同士を接合するに際し、成形体同士の接合部分をまたぐように強化繊維を配置し、接合部分を強化繊維の上から局部的にバッグで覆い、しかる後にバッグ内を減圧して樹脂を注入し、含浸させることによって、成形体を相互に接合させることを特徴とする中空断面を有する複数個の繊維強化樹脂構造体の製造方法。

【図 1】



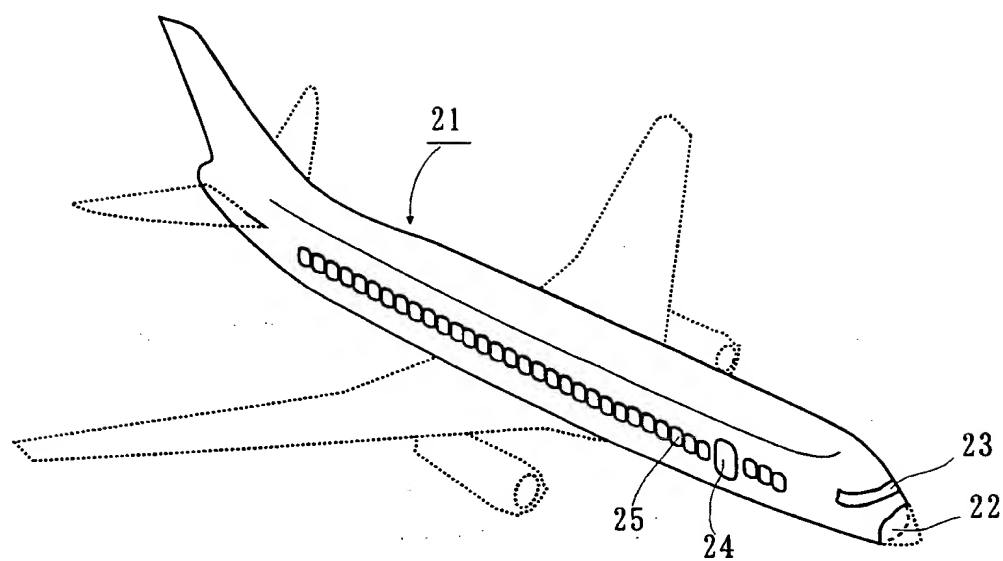
【図 2】



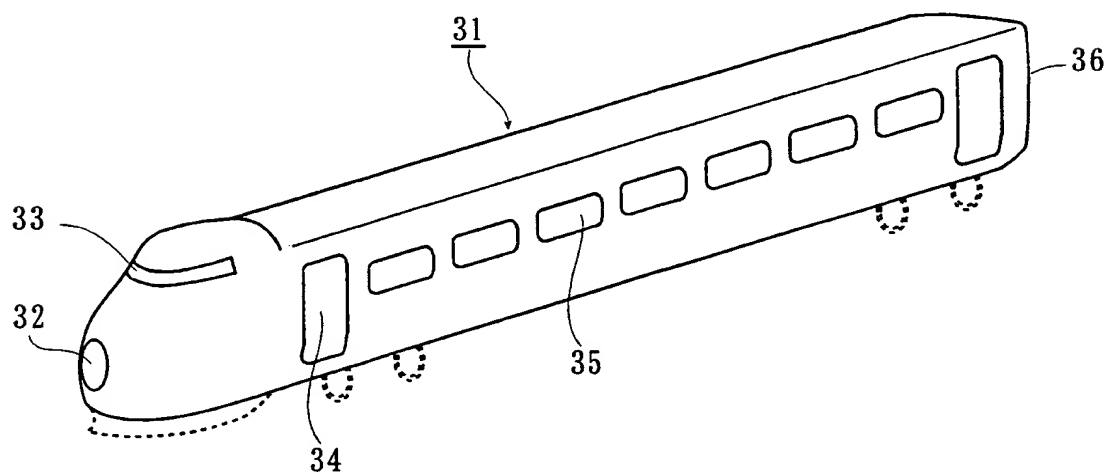
THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 3】

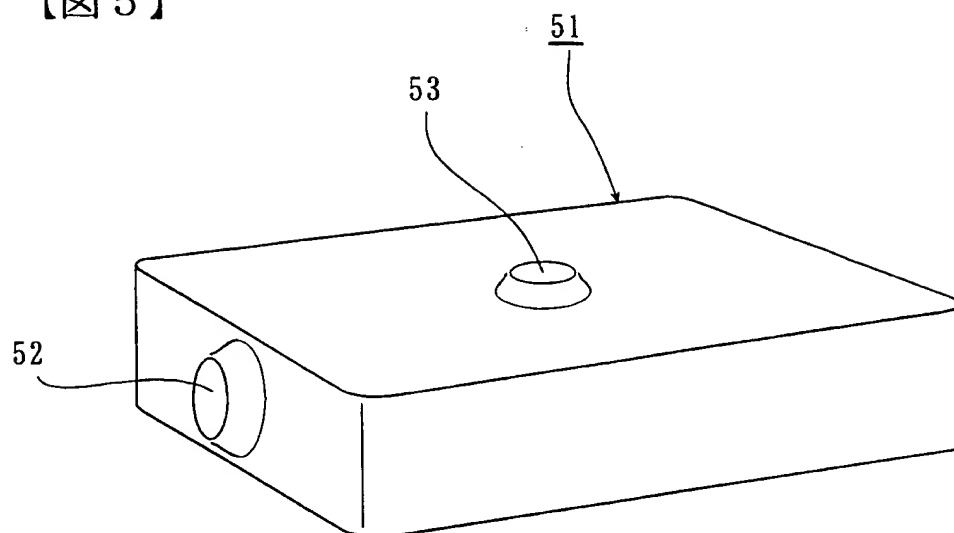


【図 4】



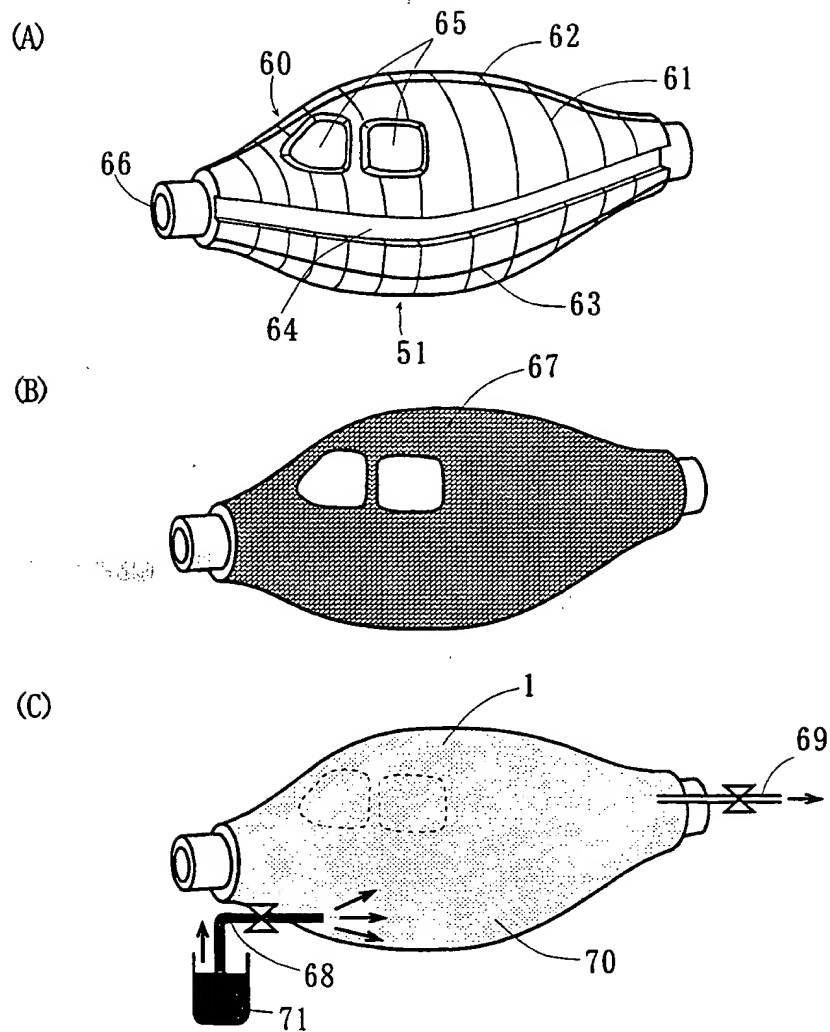
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 5】



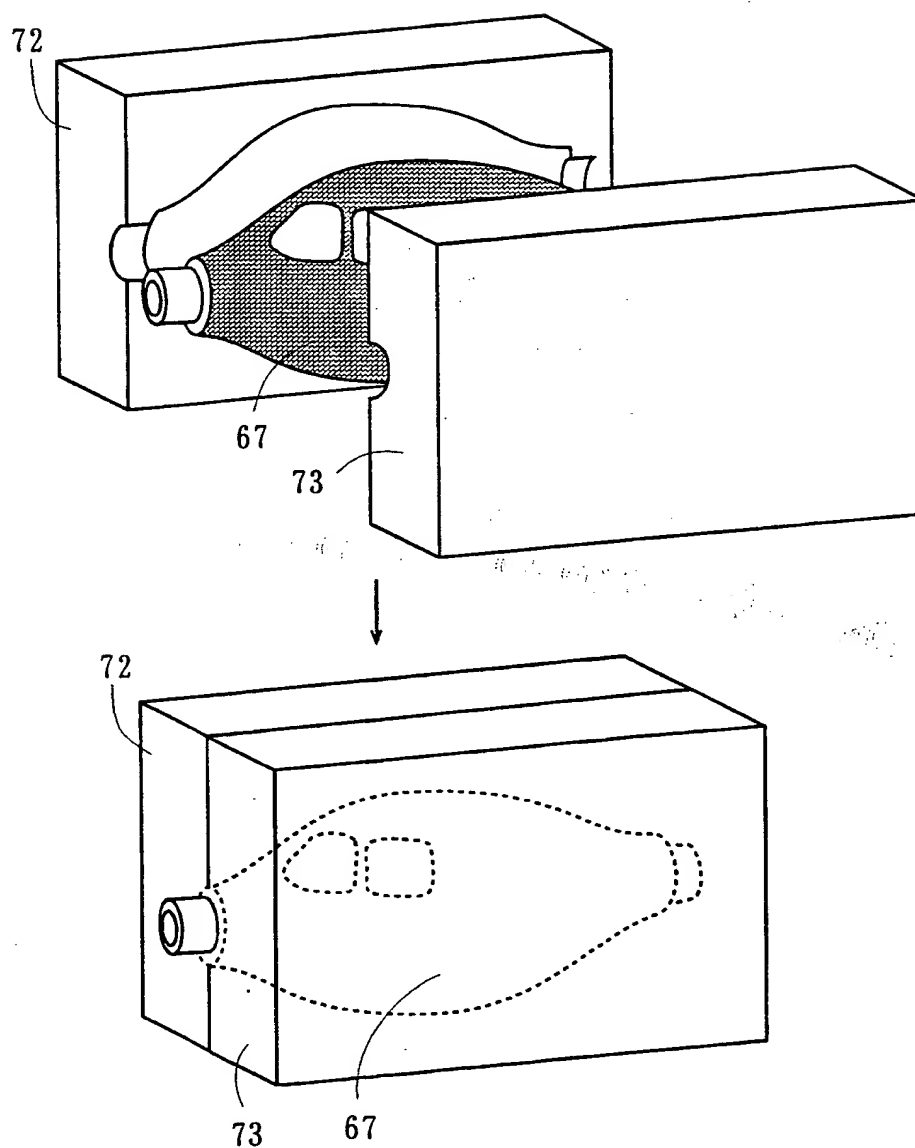
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 6】



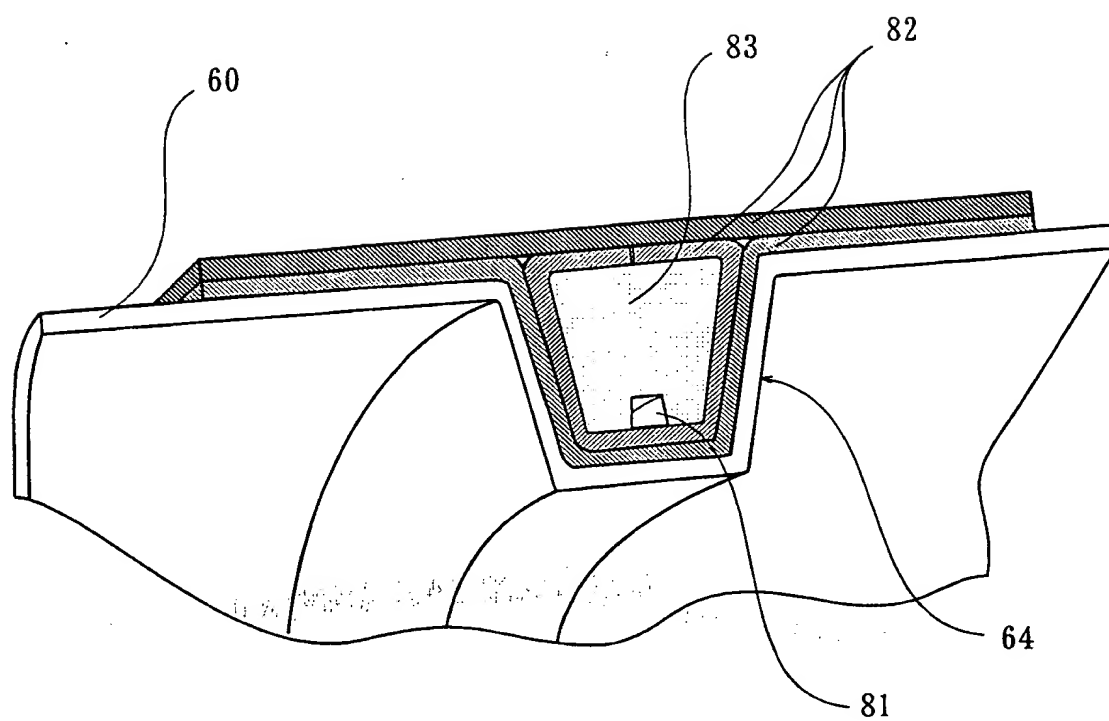
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 7】

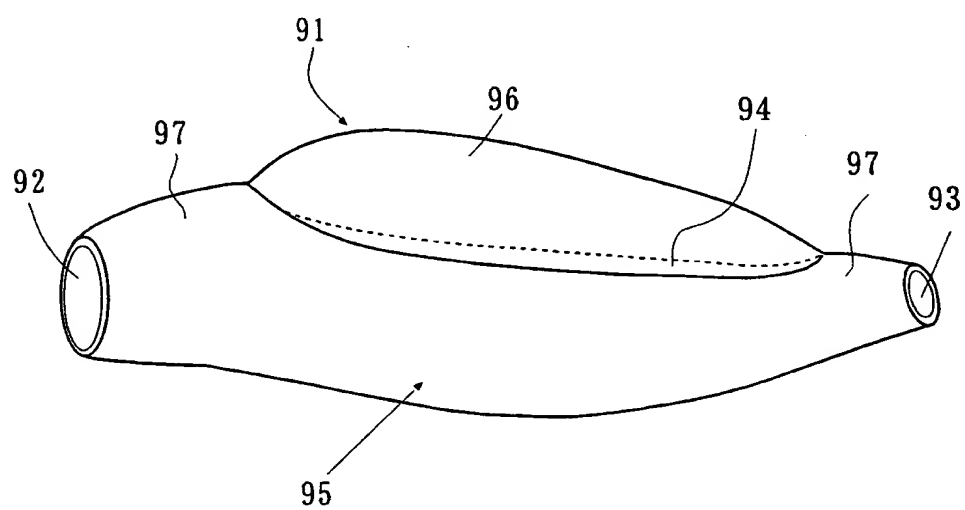


THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 8】

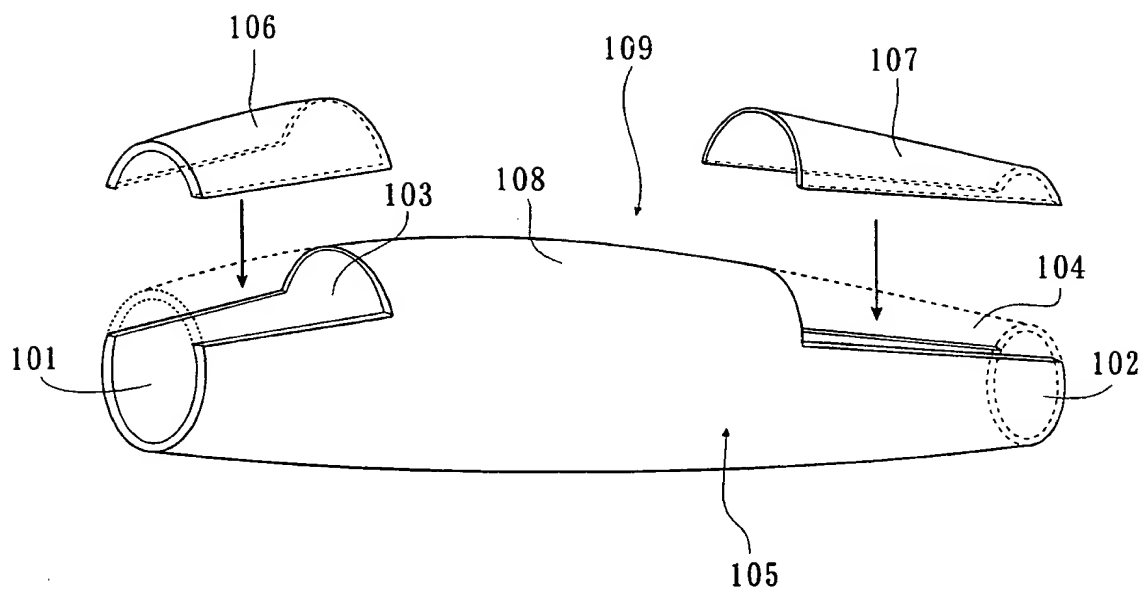


【図 9】

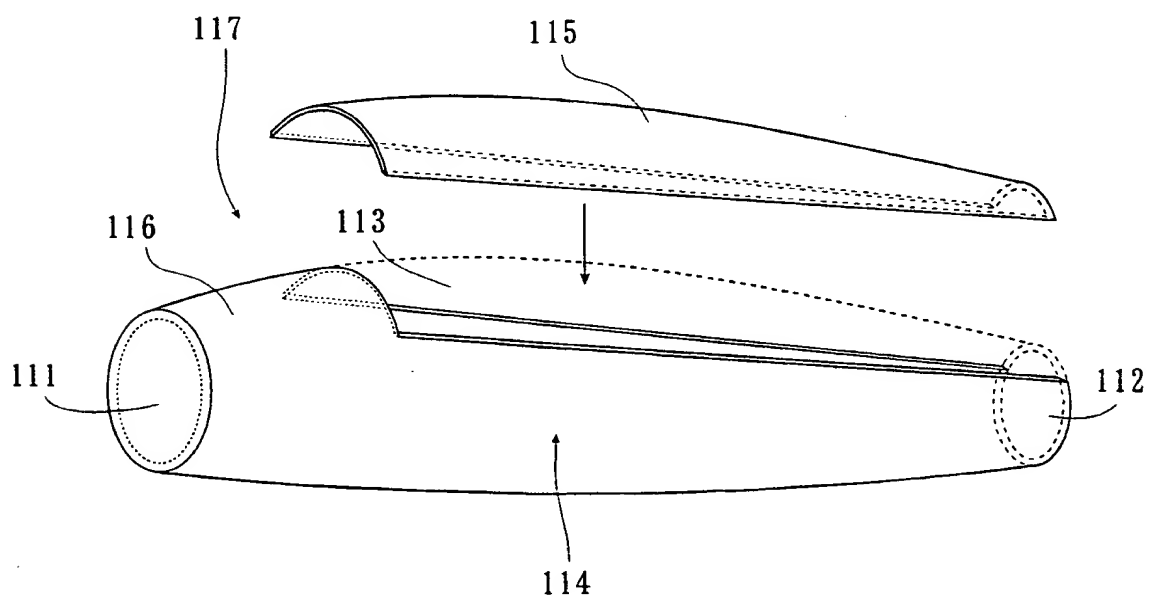


THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 10】

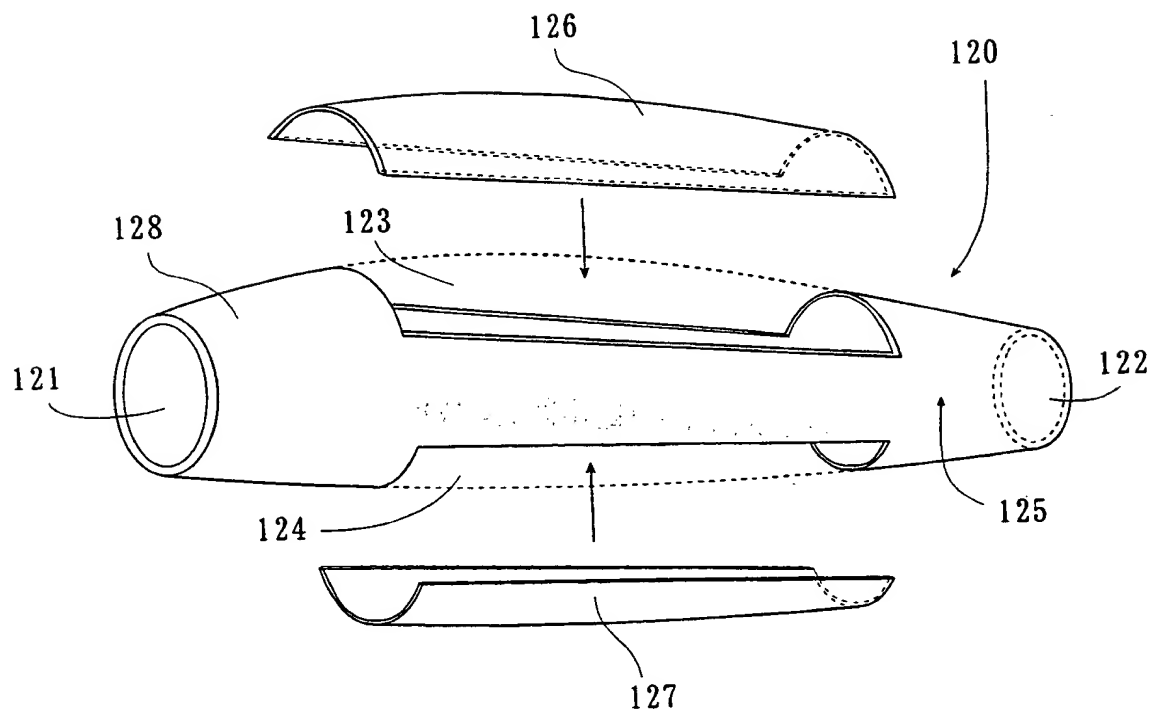


【図 11】



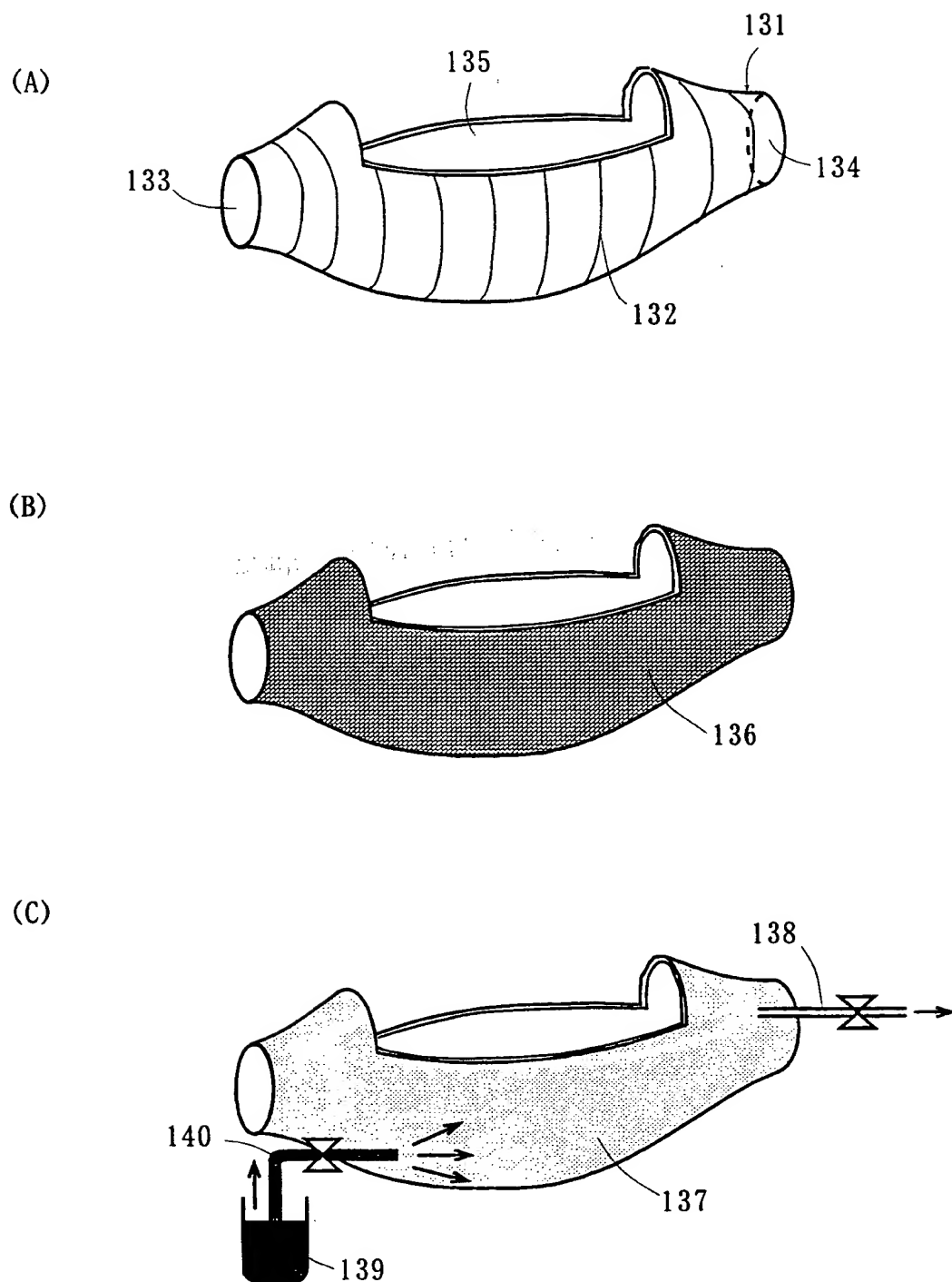
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 12】



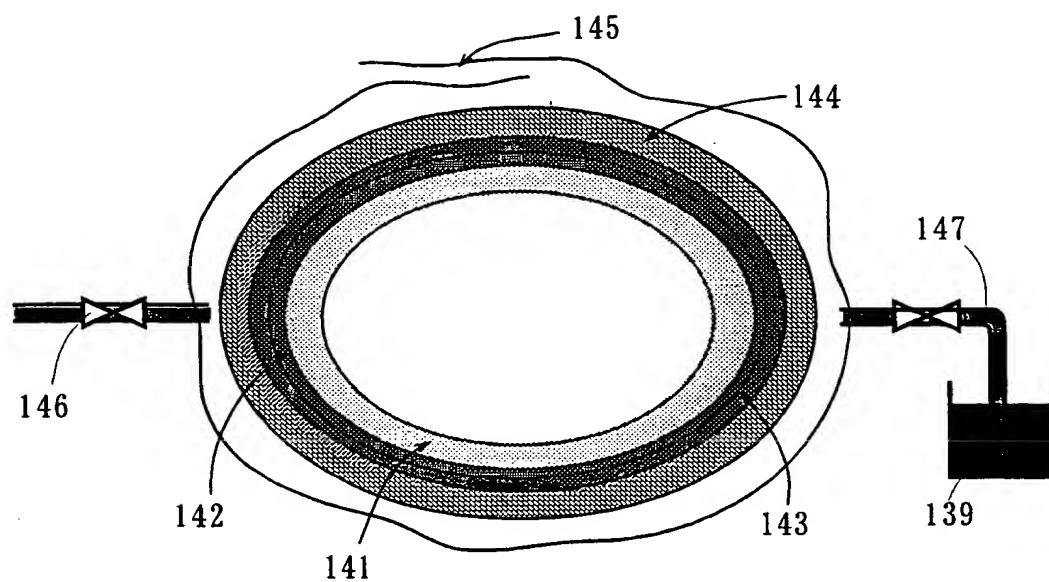
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 13】

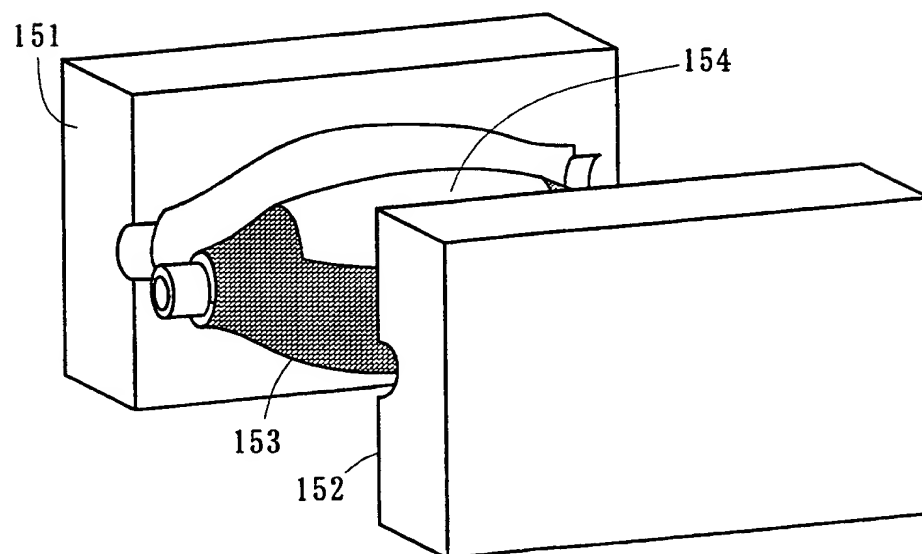


THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 14】

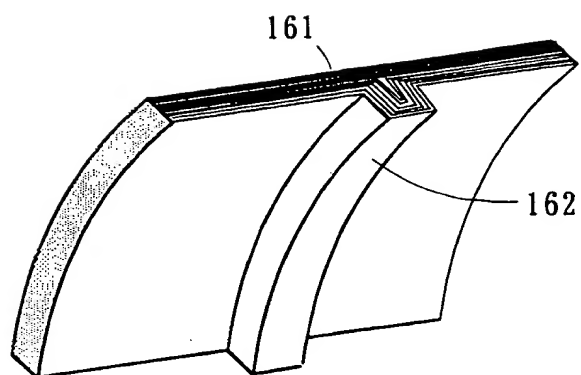


【図 15】

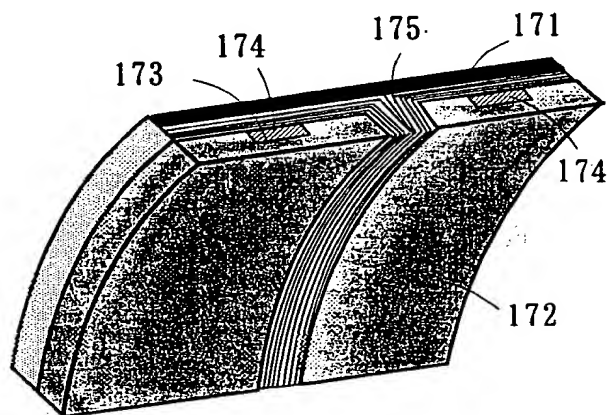


THIS PAGE BLANK (USPTO)

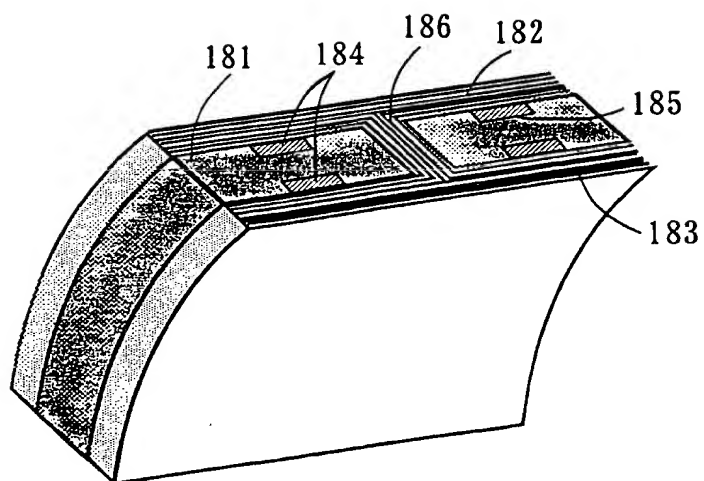
【図 16】



【図 17】



【図 18】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl⁷ B29C70/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁷ B29C70/00-70/88

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI/WPIL (DIALOG)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP, 0363744, A2 (The Budd Company), 18 April, 1990 (18.04.90), Full text & JP, 2-122920, A	1, 5-9, 19, 22, 28-30, 32, 38-41 2-4, 10-18, 20, 21, 23-27, 31, 33-37, 42, 43
X Y	EP, 0234341, A1 (The Budd Company), 02 September, 1987 (02.09.87), Full text & JP, 62-282912, A	1, 5, 6, 28-32, 42 2-4, 7-27, 31-41 43
X Y	JP, 62-5842, A (Toyota Motor Corporation), 12 January, 1987 (12.01.87), Full text (Family: none)	1, 5, 6, 19, 22 2-4, 7-18, 20, 21 23-43
X Y	JP, 62-5842, A (Toyota Motor Corporation), 12 January, 1987 (12.01.87), Full text (Family: none)	1, 5, 6, 19, 22 2-4, 7-18, 20, 21 23-43

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
15.12.99

Date of mailing of the international search report
28 December, 1999 (28.12.99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05395

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 3-272832, A (Uchihama Kasei Co., Ltd.), 04 December, 1991 (04.12.91), Full text (Family: none)	1, 5, 6, 19, 22 2-4, 7-18, 20, 21 23-43
Y	JP, 9-57865, A (Hitachi Chem. Co., Ltd.), 04 March, 1997 (04.03.97), Full text (Family: none)	1-43
Y	JP, 3-292131, A (Fuji Heavy Ind. Ltd.), 24 December, 1991 (24.12.91), Full text (Family: none)	1-43
Y	JP, 2-155633, A (Fuji Heavy Ind. Ltd.), 16 June, 1990 (16.06.90), Full text (Family: none)	1-43
Y	JP, 6-79797, A (Mitsubishi Heavy Ind. Ltd.), 22 March, 1994 (22.03.94), Full text (Family: none)	2, 3, 10, 11, 14
Y	JP, 61-169226, A (Nissan Motor Co., Ltd.), 30 July, 1986 (30.07.86), Full text (Family: none)	2, 3, 10, 11, 14